



**RIGA NORDIC
UNIVERSITY**

Riga Nordic University



**State Biotechnological
University**

**FOODTECH AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
INNOVATIVE TRANSFORMATION OF FOOD SYSTEMS
IN THE ESG CONTEXT**

Scientific monograph



**IZDEVNIECĪBA
BALTIJA
PUBLISHING**

2026

*Recommended for printing and distribution via Internet
by the Academic Council of Baltic Research Institute
of Transformation Economic Area Problems according
to the Minutes № 7 dated 29.07.2026*

Editorial Board:

Djakons Romans – Dr.sc.ing., Professor, Academician, Chairman of the Board of Riga Nordic University;

Hrynchenko Olha – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, Head of FoodTech Innovation HUB and R&D Lab, State Biotechnological University;

Yancheva Maryna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Processing and Food Production, State Biotechnological University;

Hrynchenko Natalia – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Meat Technologies, State Biotechnological University.

FoodTech and sustainable development: innovative transformation of food systems in the ESG context: Scientific monograph. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2026. 518 p.

CONTENTS

THE GLOBAL TRANSFORMATION OF FOOD SYSTEMS

Chapter 1

Craft winemaking as a platform for innovative development of wine tourism in Ukraine (Chernykhivska A. V.)	2
1. Regional differentiation and spatial transformation of viticultural regions of Ukraine and their wine tourism potential	4
2. Craft winemaking in the formation and development of wine tourism	12
3. SWOT analysis and conceptual model of Ukrainian craft wine tourism development	25

FOODTECH AS A DRIVER OF INNOVATIONS IN THE FOOD INDUSTRY

Chapter 2

Bean future: the trend toward vegan products of the new generation (Andriieva S. S., Dikhtiar A. M.)	37
1. Smart vegan food tech: innovative technologies for the production of plant-based products	39
2. Bean future food tech: technologies, structure, and innovations in next-generation vegan products	45
3. Bean future gastro innovations: developing technologies for next-generation vegan products	58

Chapter 3

Theoretical and practical aspects of fermented hummus production with starter cultures (Doronin K. A.)	70
1. Factors determining the quality of fermented legume products	71
2. Technology of fermented hummus	74
3. Study of the fermented hummus quality	78

Chapter 4

Theoretical aspects of the use of dry semi-finished products based on oleogels in the technology of foamy dessert products (Kotliar O. V.)	88
1. Analysis of the current state and prospects for the development of technologies for dry semi-finished products based on oleogels for foamy dessert products	90
2. Theoretical aspects of the formation of foamy and foam-emulsion food systems	95

3. Scientific justification of the recipe composition and technological process for the production of dessert products using dry semi-finished products based on oleogels	96
4. Development of technology for dessert products using dry semi-finished products based on oleogels	103

Chapter 5

Fermentation of Vicia Faba Bean Protein Concentrate for the Development of Plant-Based Beverages (Litvinov A. O.)

1. Vicia faba L. beans as a promising raw material for the production of plant-based fermented products	113
2. Investigation of the fermentation of Vicia faba bean protein concentrate	116

Chapter 6

Optimization of the buttermilk fermentation process in the technology of low-lactose yogurt (Serenko A. A., Yudina T. I., Hnitsevyh V. A.)

1. Definition of prerequisites and formulation of the research problem	129
2. Substantiation of technological parameters for the production of low-lactose yogurts based on buttermilk	135

Chapter 7

Innovative technology of non-alcoholic health beverages (Tkachenko L. V., Vitriak O. P., Martsyn T. O.)

1. Characteristics of herbal medicinal raw materials in the technology of non-alcoholic health beverages	147
2. Technology and comprehensive quality assessment of new non-alcoholic beverages	151

A BALANCED DIET AND SUSTAINABLE DIETS

Chapter 8

Use of the dietary supplement “Buckwheat Fiber” in the production of flour confectionery products (Yevlash V. V., Kobasa I. M., Hazzavi-Rohozina L. V.)

1. Analysis of the possibility of using non-traditional types of raw materials in the production of flour confectionery products	163
2. Using buckwheat husks as a valuable food ingredient	165
3. Justification of the technology for manufacturing flour confectionery products using the dietary supplement “Buckwheat Fiber”	167
4. Research results and their discussion	169

Chapter 9

Healthy bakery products for the complete nutrition of the population (Kichura D. B., Sobeckho I. B.) 181

1. Bakery production, product classification and basic principles of technological processes. 182
2. Obtaining bakery products with increased nutritional value. 186
3. Development of new technologies for health-promoting bakery products. . 192

Chapter 10

Functional health products based on polysaccharides (Kichura D. B., Sobeckho I. B.) 208

1. Main polysaccharides and their use in the food industry. 209
2. Use of polysaccharides as functional additives. 213
3. The effect of polysaccharide modification on their properties. 216
4. Waste-free, environmentally friendly technology for the production of pectin concentrate. 221
5. Modern biotechnological applications. 226

Chapter 11

Innovative technologies of health-promoting flour confectionery products (Kravchenko M. F., Romanovska O. L., Danyliuk I. P.) 234

1. Scientific substantiation and development of technologies for flour confectionery products based on alternative raw materials. 236
2. Technology and quality of flour-based confectionery products of health-oriented purpose. 242

Chapter 12

Technology of mousse desserts with reduced energy value (Medvedieva A. O., Antoniuk I. Yu.) 250

1. The emergence of prerequisites and formulation of the problem. 250
2. General characteristics of the process of production of mousse desserts in restaurant establishments. 251
3. Analysis of mousse dessert technology. 253
4. Innovations in mousse dessert technology. 256
5. Research results. 258

Chapter 13

Scientific foundations of the creation of a complex of technologies for special-purpose food products (Pylypchuk O. S., Nikolaienko M. S.) 265

1. General concepts of nutrition, meaning, functions. 267

2. International experience in organizing school meals	271
3. School meal reform in Ukraine	282

Chapter 14

Development of technology for curd desserts with honey and saffron for athletes during the recovery phase

(Slyvka N. B., Mykhaylytska O. R., Skulska I. V.)	287
1. Preparation of a curd base for dessert	289
2. Justification and technological aspects of introducing saffron into curd desserts	290
3. Determining the amount of beekeeping products in the recipe of a curd dessert	292
4. Technology of curd dessert and its recipe	294

FOOD SAFETY, AUTHENTICITY, AND TRACEABILITY

Chapter 15

Production of bread with improved properties based

on spontaneous sourdough (Palianytsia L. Ya., Berezovska N. I.) 303

1. Analysis of research and publications on spontaneous sourdough bread production	304
2. Study of the features of spontaneous sourdoughs in bread technology	307
3. Properties of bread produced using spontaneous sourdoughs	314

Chapter 16

Multisensory IoT systems for food quality and safety monitoring in the context of ESG and Industry 4.0 (Tkachuk T. I.) 321

1. Architecture of multisensor IoT systems for the food industry.	323
2. Sensor modalities and data fusion methods in food quality monitoring systems.	325
3. IoT monitoring systems as an enabler of ESG strategy in the food industry.	327

Chapter 17

Integration of the HACCP food safety management system into the technology of thermostable sauces (Yanushkevych O. I., Hrynchenko N. H., Serik M. L.) 333

1. Theoretical foundations of integrating the HACCP food safety management system into food production	334
2. Scientific and practical aspects of HACCP implementation in thermostable sauce technology	337

3. Evaluation of the effectiveness of HACCP system integration and prospects for improving thermostable sauce technology	348
--	-----

SENSORY AND CONSUMER RESEARCH

Chapter 18

Sensory analysis and profiling of organoleptic properties of functional sauces with dietary supplements (Antonenko A. V., Ratushenko A. T., Gorkun A. O.)	356
--	------------

1. Scientific foundations and current state of sensory analysis of food products. Methodology for forming and training an expert commission	358
2. Research objects and methods. Development and profiling of organoleptic properties of functional sauces	365
3. Modeling consumer preferences and optimizing the recipe composition. Innovative approaches in quality control of functional sauces	371

Chapter 19

Consumer decision-making when purchasing food products from Ukrainian manufacturers (Riabinina N. O., Yaryi I. M.)	383
---	------------

1. Key factors influencing Ukrainian consumers' decisions	385
2. Factors influencing purchasing decisions and directions for the transformation of marketing strategies among Ukrainian companies in the industry	386
3. The company's marketing mix and measures for its improvement (using PJSC "MHP" as an example)	390
4. A study of factors influencing consumers of PJSC "MHP" and ways to improve the company's marketing activities	393

ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR FOOD PRODUCTION FACILITIES

Chapter 20

Rheological and structural properties of dairy products with different types of dispersed systems (Osmak T. H., Bandura U. H., Bass O. O.)	406
---	------------

1. Formation of rheological properties of fermented milk pastes with vegetable fillers	409
2. Formation of rheological properties of fermented milk pastes using unroasted buckwheat groats	412
3. Formation of rheological properties of ice cream mixtures	416

RESOURCE-EFFICIENT AND CIRCULAR TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

Chapter 21

Energy-efficient drying technology for peppermint

(Mentha piperita L.) using a heat pump dryer

(Dabizha N. O., Dmytrenko N. V., Malashchuk N. S.) **429**

1. Characteristics of peppermint as a drying object 431

2. Materials and methods 434

3. Results of experimental studies 437

4. Development and creation of a heat pump dryer 450

Chapter 22

Technology and quality of shortbread confectionery with meal

(Kravchenko M. F., Mykhailyk V. S., Italliantsev V. V.) **460**

1. Analytical review of flour confectionery products 460

2. Substitution of the composition of model dough
for cookies using composite mixtures 462

Chapter 23

Study of the elastic-plastic properties of glued pig intestinal films subjected to tanning and plasticization

(Pak A. O., Onyshchenko V. M., Onyshchenko A. V.) **478**

1. The aim, objects, subject, materials and methods of the study 480

2. Results of the study and their discussion 482

Chapter 24

Resource-effective technology of agricultural raw material processing in completion of sustainable development strategy for sugar production (Simakhina G. O.) **491**

1. The analysis of the state and perspectives of resource-effective
technologies development for sugar production branch in Ukraine 492

2. Reasonable processing of secondary raw materials
in sugar production branch 497

01

SECTION



THE GLOBAL TRANSFORMATION OF FOOD SYSTEMS

**CRAFT WINEMAKING AS A PLATFORM
FOR INNOVATIVE DEVELOPMENT
OF WINE TOURISM IN UKRAINE**

Chernykhivska A. V.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-1>

INTRODUCTION

In contemporary conditions of transformation of the tourism industry and the growing demand for authentic tourist experiences, craft winemaking is becoming one of the key factors in the development of wine tourism. Unlike industrial wine production, which is focused primarily on standardized products and large-scale distribution, craft wineries are oriented toward the creation of unique wines with a pronounced territorial identity, limited production volumes, and strong integration into local cultural and gastronomic traditions. Such specificity significantly increases the attractiveness of wine-producing regions because modern tourists increasingly seek individualized experiences, emotional interaction with producers, authenticity, and immersion in local culture.

The development of craft winemaking is closely connected with the transformation of tourist demand and the emergence of experiential forms of tourism consumption. Modern tourists are increasingly interested not only in recreation but also in gastronomy, cultural interaction, participation in local traditions, and authentic sensory experiences. Under such conditions, wine tourism acquires a complex interdisciplinary character because it integrates agriculture, gastronomy, hospitality, culture, and regional development into a unified tourism system. Craft wineries create unique tourism products based on terroir, local identity, manual labor, family production models, and traditional winemaking practices, which cannot be reproduced within mass tourism.

An important characteristic of craft winemaking is its orientation toward authenticity and the preservation of regional identity. Small wineries actively utilize local resources, revive historical winemaking traditions, and increasingly focus on autochthonous grape varieties and natural vinification

technologies. This contributes to the formation of distinctive tourism destinations and strengthens the competitiveness of wine-producing regions. Tourists are attracted not only by wine tastings but also by opportunities to communicate directly with producers, participate in excursions, visit vineyards, attend gastronomic events, and experience local cultural traditions.

Craft winemaking also contributes significantly to the diversification of tourism products and the revitalization of rural territories. Many small wineries combine wine production with tourism infrastructure, including tasting halls, gastronomic spaces, small hotels, cultural events, and educational programs. Such integration stimulates the development of rural tourism, supports local entrepreneurship, creates employment opportunities, and increases the investment attractiveness of regions. At the same time, wine tourism promotes the preservation of cultural landscapes, traditional agricultural practices, and regional gastronomic heritage.

A particularly important trend in contemporary craft winemaking is the growing popularity of natural wines, orange wines, pet-nat sparkling wines, and wines produced using minimal technological intervention. These products correspond to modern tourism trends focused on sustainability, authenticity, and unique sensory experiences. The use of indigenous grape varieties additionally strengthens the territorial identity of wine regions and increases their tourism attractiveness because such wines create experiences that cannot be replicated in other destinations.

The development of craft winemaking also influences the spatial transformation of wine tourism through the emergence of new wine-producing microregions beyond traditional viticultural territories. This geographical diversification contributes to the formation of new tourism routes, local brands, and regional tourism products integrated with gastronomy, culture, and rural tourism. As a result, craft wineries increasingly function not only as production enterprises but also as centers of tourism, cultural communication, and regional development.

The relevance of the study is determined by the growing importance of craft winemaking in the structure of contemporary wine tourism and by the necessity of investigating its role in the formation of authentic tourism products, strengthening regional competitiveness, and stimulating sustainable territorial development. The purpose of this study is to analyze the resource base, infrastructural components, and development trends of wine tourism with particular attention to the role of craft winemaking in the transformation of modern tourism systems.

1. Regional Differentiation and Spatial Transformation of Viticultural Regions of Ukraine and Their Wine Tourism Potential

The regional structure of viticulture and wine production in Ukraine has been shaped through spatial differentiation, cultural and historical resources, and the development of tourism infrastructure, which together create the preconditions for the emergence and expansion of specialized wine tourism destinations.

In the theoretical dimension, this structure should be considered not merely as the geographical distribution of wineries and tourist routes, but as a complex territorial and economic system within which the agricultural sector, processing industry, tourism business, transport infrastructure, local culture, and institutional environment interact in a multidimensional and interconnected manner.

From a spatial perspective, the regional structure of wine production is characterized by uneven development, which can be explained by differences in natural and climatic conditions, historical traditions, levels of socio-economic development, and transport accessibility across territories. Certain regions possess more favorable environmental conditions for viticulture, while others demonstrate stronger tourism potential due to the concentration of cultural heritage sites, developed hospitality infrastructure, and established regional brands.

A significant factor in the formation of the regional structure is historical and cultural heritage, as winemaking traditions in many regions have evolved over centuries and constitute an integral component of local identity.

Historic wine cellars, ancient wineries, traditional wine production technologies, festivals, gastronomic events, and cultural celebrations form a distinctive cultural environment and substantially increase the tourist attractiveness of wine-producing regions. In this context, wine tourism performs not only an economic function but also a socio-cultural one, contributing to the preservation of local traditions, regional authenticity, and intangible cultural heritage.

The key category determining regional differentiation in viticulture and wine tourism is *terroir*¹, which encompasses a combination of natural conditions, including climate, soils, and relief, together with anthropogenic factors such as winemaking traditions, cultivation methods, and production technologies. *Terroir* ensures the uniqueness of wine products and shapes the identity of the tourism product, which is critically important for the development of competitive wine tourism destinations. The concept of *terroir* reflects the

¹ Міністерство аграрної політики та продовольства України. Концепція розвитку виноградарства та виноробства. URL: <https://minagro.gov.ua/ua/news/kontseptsiya-rozvytku-vynohradarstva-ta-vynorobstva>.

close interconnection between geographical environment and human activity, emphasizing the importance of local specificity in the formation of wine quality and regional image.

Climate is one of the fundamental determinants of *terroir* because temperature regimes, precipitation levels, the duration of the growing season, and solar radiation directly influence grape ripening, sugar accumulation, acidity, and the formation of aromatic compounds. Warm climatic conditions are favorable for the cultivation of technical grape varieties used in the production of full-bodied red wines, whereas moderate climates are more suitable for white wines and sparkling wine materials. Microclimatic factors, including the proximity of water bodies, wind circulation, humidity, and temperature variations between day and night, also significantly affect grape quality and the sensory profile of wines.

Soils determine the water regime of vines, the mineral composition of grapes, and the development of the root system, thereby directly influencing wine quality and varietal expression. The most common soil types in viticulture include fertile chernozem soils, sandy soils, clay soils, limestone soils, and volcanic soils. Chernozem soils are distinguished by high humus content and balanced fertility, which contribute to stable yields and harmonious grape development. Sandy soils provide effective drainage and are associated with the production of light and aromatic wines, while volcanic soils enhance minerality and create complex flavor profiles. Consequently, soil composition represents an essential element in the formation of the organoleptic characteristics and individuality of wine products.

Relief also plays an important role within the structure of *terroir*. Vineyards located on slopes benefit from improved solar exposure, natural drainage, and protection from cold air masses. Altitude above sea level influences temperature conditions and grape maturation processes, which affect acidity, aromatic intensity, and the balance of wines. Southern and southwestern slopes are generally considered the most favorable for viticulture because they receive greater amounts of solar heat and create optimal conditions for grape cultivation. Variations in relief additionally contribute to the formation of diverse microzones within wine-producing regions, increasing the diversity and uniqueness of regional wines.

Another important element of the regional structure is the varietal composition of grapes, which determines the production specialization of wineries, shapes wine styles, and directly influences the uniqueness and competitiveness of wine-growing regions. In scientific discourse, grape varieties should be considered not only as agrobiological resources but also as elements of territorial identity, instruments of regional specialization, and effective tools of tourism branding.

The varietal structure of Ukrainian vineyards includes both international and indigenous grape varieties, creating significant diversity in wine production and favorable conditions for the development of wine tourism.

International grape varieties facilitate the integration of Ukrainian winemaking into global markets and increase the recognition of domestic wines among international consumers. At the same time, indigenous grape varieties preserve regional authenticity, emphasize territorial uniqueness, and strengthen the competitiveness of local wine tourism destinations. The combination of international standards with local traditions contributes to the formation of a distinctive and diversified wine tourism product capable of attracting both domestic and international tourists.

The most widespread international grape varieties cultivated in Ukraine include² Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay, Riesling, and Sauvignon Blanc.

The cultivation of international grape varieties plays an important role in the development of both winemaking and wine tourism because these varieties are widely recognized on the global market, possess established taste characteristics, and contribute to the formation of a wine map of the region that is understandable and attractive to tourists. Their international recognition facilitates the integration of Ukrainian wine products into global gastronomic and tourism networks while simultaneously increasing the competitiveness of domestic wineries.

Alongside international varieties, autochthonous and local grape varieties are of particular significance for the formation of the regional structure of winemaking, among which Odessa Black, Telti-Kuruk, and Sukholiman White should be especially distinguished³. These grape varieties represent an important component of the national wine heritage and reflect the historical evolution of viticulture within specific territories of Ukraine.

Autochthonous grape varieties constitute a crucial element of the territorial identity of wine-growing regions because they have been formed under specific natural and climatic conditions and are unique to particular localities. Their cultivation and use in winemaking contribute to the authenticity of wine products and are oriented toward providing consumers with a unique gastronomic and cultural experience. Such wines embody regional distinctiveness and strengthen the connection between local traditions, terroir, and tourism development.

From the perspective of wine tourism development, the use of indigenous grape varieties is highly important for the creation of competitive advantages

² UA Wine. Загальний портал українського вина. URL: <https://uawine.com/>

³ Wines of Ukraine. URL: <https://winesofukraine.com/>.

and the tourist specialization of wine-growing regions. Local grape varieties ensure the uniqueness of wine products, enabling regions to establish a differentiated tourism product and distinguish themselves from other wine-producing territories. Wines produced from indigenous varieties are generally not widely represented on international markets, and therefore the opportunity to taste them directly at the place of production significantly enhances the tourist attractiveness of wine regions. This creates additional motivation for tourists to visit wineries, participate in tasting experiences, and explore regional gastronomic traditions.

Autochthonous grape varieties also play a substantial role in the formation of regional brands because they can be directly associated with a specific territory, its environmental conditions, historical winemaking traditions and cultural heritage⁴.

In this regard, indigenous grape varieties function not only as agricultural resources but also as symbolic elements of regional image formation and destination branding. Their presence strengthens the authenticity of wine tourism products and contributes to the development of emotional connections between tourists and destinations.

The use of local grape varieties is particularly characteristic of small-scale and craft wineries that focus on the production of limited wine batches, the organization of tasting tourism, gastronomic tours, and agritourism activities. Craft wineries frequently emphasize authenticity, environmentally oriented production methods, traditional technologies, and personalized tourist experiences, which increases their attractiveness within the contemporary tourism market. Such enterprises contribute to the diversification of rural economies, support local employment, and stimulate the preservation of regional cultural traditions.

The regional structure of Ukrainian winemaking is characterized by pronounced spatial differentiation determined by a combination of natural and climatic, historical and cultural, economic, and infrastructural factors. Traditional wine-producing regions, as well as newly emerging viticulture territories, have developed within the country and differ in their levels of specialization, varietal composition, technological orientation, and types of wine products produced. Certain regions specialize primarily in the production of table wines, while others focus on sparkling wines, dessert wines, organic products, or craft winemaking.

Such differentiation represents a key factor determining the potential of regions for the development of wine tourism because it creates the foundation

⁴ The Heart of Wine. Wine. Culture. Inspiration. URL: <https://theheartofwine.com/>.

for authentic tasting routes, gastronomic tours, cultural and educational programs, and integrated tourism experiences based on local traditions and regional specificity. The diversity of wine-growing territories contributes to the formation of multifunctional tourism products that combine gastronomy, culture, history, agriculture, and recreation. As a result, the regional structure of viticulture and winemaking becomes not only an economic system but also an important component of sustainable regional development, destination branding, and the promotion of Ukraine within the international wine tourism market.

The Southern region of Ukraine⁵, which includes the Odesa and Mykolaiv regions, historically also, encompassed the Kherson region, although under contemporary military conditions the significance of Kherson for wine production has substantially decreased. For many decades, the Southern region remained the national leader in terms of vineyard concentration and wine production volumes. This region accounted for more than 50% of the total vineyard area in Ukraine, which ensured a high industrial potential for the wine industry and created favorable conditions for the production of a broad assortment of high-quality wines.

The natural and climatic conditions of the Southern region are characterized by a temperate continental climate with a pronounced maritime influence from the Black Sea, which performs an important thermoregulatory function and mitigates extreme temperature fluctuations. The region is distinguished by high levels of isolation, reaching approximately 220–250 sunny days annually, which is critically important for ensuring adequate sugar accumulation in grapes and achieving the desired balance of acidity and aromatic compounds.

The soil cover of the Southern region is represented by fertile chernozem soils, chestnut soils, and sandy areas with sufficient water-retaining capacity. Such soil diversity contributes to the cultivation of different grape varieties and influences the organoleptic properties of wine products. The predominantly flat relief and the presence of water resources create favorable conditions for the development of irrigated viticulture, particularly in the Mykolaiv region. Irrigation systems significantly increase harvest stability, reduce climatic risks, and contribute to the production of wines characterized by high concentration, extractivity, and balanced flavor profiles.

The varietal structure of the Southern region combines internationally recognized grape varieties, including Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay, and Sauvignon Blanc, together with autochthonous local varieties such as

⁵ Bondar M. I. Strategic model of wine tourism development and conceptual approaches to its accounting in the management of wineries // *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2025. № 2. С. 133–140. <https://doi.org/10.33271/ebdut/90.133>.

Odessa Black and Sukholyman White. The coexistence of international and indigenous grape varieties allows wineries to diversify their product portfolios, maintain competitiveness in international markets, and simultaneously preserve regional authenticity and cultural identity.

Among the leading wine producers of the region are Shabo, Kolonist, Odessos, Odessa Wine Company, Frumushika-Nova, Bolgrad Winery, Villa Tinta, and Koblevo⁶.

These wineries play a significant role in the formation of the regional wine industry, the promotion of Ukrainian wines, and the development of wine tourism infrastructure through tasting halls, excursion programs, gastronomic events, wine festivals, and cultural initiatives.

The Southern region specializes primarily in the production of full-bodied red wines characterized by expressive tannin structures, as well as aromatic white wines with pronounced fruity profiles. Such specialization ensures the competitiveness of regional wines at both national and international levels while simultaneously forming the basis for the active development of wine tourism. Wine routes, tasting programs, gastronomic festivals, and integrated tourism products contribute to the transformation of the Southern region into one of the leading wine tourism destinations in Ukraine.

The Transcarpathian region represents a historically established center of winemaking, the development of which occurred under the influence of Central European viticultural traditions. The region possesses a mild and stable climate protected by the Carpathian Mountain systems, which creates favorable conditions for the cultivation of grape varieties intended primarily for the production of high-quality white wines. These wines are distinguished by elevated acidity, freshness, elegance, and a complex aromatic profile.

The soils of Transcarpathia, represented predominantly by volcanic and clay structures, contribute to the formation of a unique mineral composition in wines that reflects the specificity of the local terroir. Volcanic soils impart minerality, structural complexity, and distinctive sensory characteristics to wine products, thereby increasing their gastronomic value and tourism attractiveness.

The varietal composition of Transcarpathia includes well-known European grape varieties such as Riesling, Traminer, and Furmint, together with local varieties including Cserszegi Fűszeres and Leanka⁷. This varietal diversity allows regional wineries to combine European winemaking traditions with local specificity and to produce wines that possess both international recognition and regional uniqueness.

⁶ Асоціація сомельє України. URL: <https://sommelier.org.ua/>.

⁷ Ukrainian Wine Week. URL: <https://ukrainewineweek.com/>.

Among the leading wine producers of the region are Chizay, Cotnar, Leleka Wines. These enterprises contribute significantly to the preservation of regional winemaking traditions, the promotion of wine culture, and the development of tourism infrastructure in Transcarpathia.

The principal specialization of the region is the production of white wines characterized by high acidity, pronounced minerality and a sophisticated aromatic profile. Such specialization determines the strong potential of Transcarpathia for the development of gastronomic tourism, cultural and educational tourism, tasting tourism, and ethnographic tourism connected with regional traditions and multicultural heritage.

The long-term dynamics of vineyard development in Ukraine demonstrate a significant concentration of vineyard areas within the southern regions prior to 2014. The total vineyard area in Ukraine amounted to approximately 40–45 thousand hectares, of which the Odesa region accounted for more than 25–27 thousand hectares, representing over 60% of the national total. The Mykolaiv region contained approximately 4–5 thousand hectares, equivalent to 10–12%, while the Kherson region accounted for 3–4 thousand hectares, or approximately 7–8%. The Transcarpathian region consistently maintained vineyard areas at the level of 4–5 thousand hectares, representing approximately 10–12% of the national structure. Other regions, including Vinnytsia, Cherkasy, Kyiv, Poltava, Rivne, Zhytomyr, Volyn, Lviv, Ternopil, and Khmelnytskyi regions, possessed fragmented vineyard plantings totaling approximately 2–3 thousand hectares, or 5–6% of the national vineyard area⁸.

At the same time, the central regions of Ukraine, including Kyiv, Vinnytsia, Cherkasy, and Poltava regions, have demonstrated a gradual increase in vineyard areas by approximately 10–15% due to the implementation of new investment projects, the expansion of craft winemaking, and the growing popularity of agritourism. This trend reflects the diversification of the Ukrainian wine industry and the increasing interest in regional wine production beyond traditional viticultural territories.

Transcarpathia continues to demonstrate stability in vineyard areas at the level of approximately 4–5 thousand hectares, which ensures the preservation of traditional winemaking practices and supports the production of high-quality white wines that remain closely associated with the cultural and historical identity of the region.

After 2014, and especially following the events of 2022, the vineyard areas of the southern regions of Ukraine experienced a substantial decline due to the

⁸ Державна служба статистики України. Статистика туризму в Україні 2024. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/tur/tur.html>.

loss of territories, destruction of infrastructure, military threats, and significant changes in the economic conditions of agricultural production. The full-scale war has had a profound impact on the functioning of the wine industry and tourism infrastructure, creating unprecedented challenges for the sustainable development of viticulture and wine tourism⁹.

A considerable number of vineyards and wine production facilities were located within active combat zones or temporarily occupied territories, which resulted in severe infrastructural damage, the destruction of production capacities, the loss of agricultural resources, and the disruption of logistical connections. The interruption of supply chains, limitations in transportation, labor shortages, and reduced investment activity significantly complicated the operational activities of wineries and tourism enterprises.

In addition, many wine producers faced difficulties associated with export logistics, rising production costs, and reduced domestic purchasing power, all of which negatively influenced the overall stability of the sector.

Such territorial transformations within the structure of Ukrainian viticulture have become a determining factor influencing contemporary trends in the development of wine tourism. The reduction of vineyard concentration in the southern regions has been accompanied by the gradual emergence of new local viticultural centers in central and western Ukraine, thereby stimulating the formation of multi-vector tourism routes and diversified regional tourism products. This process contributes to the decentralization of wine tourism and promotes the development of new destinations with distinct territorial identities and cultural characteristics.

At the same time, new local wine brands are emerging that combine craft production methods with the cultural identity and historical traditions of individual regions. This integration of winemaking, gastronomy, heritage, and local culture contributes to the individualization of tourism products and enhances their attractiveness for both domestic and international visitors. The emphasis on authenticity, regional specificity, and unique tourist experiences corresponds to current global trends in experiential and gastronomic tourism.

The development of wine tourism remains inseparably connected with the stability and sustainability of vineyard areas because the existence of an adequate viticultural base is a prerequisite for the creation of authentic wine routes, tasting programs, excursion activities, and festival events¹⁰.

⁹ Українське виноробство під час війни та розвиток галузі відповідно до стандартів Європейського Союзу: роль охорони прав інтелектуальної власності. URL: <https://ukrpatent.org/uk/news/main/ukrainske-vynorobstvo-prava-iv-13042023>.

¹⁰ Pechko V. Wine tourism as a component of the strategic development of the viticulture and wine industry. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки»*. 2025. № 1(115). С. 108–112. <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2025-1-15>.

Without stable grape production, it becomes impossible to maintain the continuity of regional wine traditions and ensure the long-term functioning of tourism infrastructure associated with the wine industry.

The support and development of new winemaking centers in central and western regions of Ukraine create favorable conditions for the establishment of competitive local brands that integrate viticulture, gastronomy, hospitality, and cultural practices into a modern tourism product. Such regional diversification contributes to the resilience of the wine industry and reduces the excessive territorial concentration that previously characterized Ukrainian viticulture.

It should also be emphasized that the share of small-scale and craft wineries continues to increase, particularly those focused on the production of terroir wines, the preservation of autochthonous grape varieties, and the implementation of organic and biodynamic production practices. These wineries frequently prioritize limited production volumes, artisanal technologies, environmental sustainability, and personalized consumer experiences, thereby forming a new philosophy of winemaking in Ukraine.

This transformation contributes to the emergence of a new culture of wine consumption in which the emphasis gradually shifts from mass industrial production toward authenticity, quality, exclusivity, and the uniqueness of regional products. Such changes significantly increase the attractiveness of wine-producing regions for tourists seeking distinctive gastronomic, cultural, and educational experiences. Wine tourism increasingly becomes associated not merely with wine tasting but also with immersion in local traditions, interaction with producers, participation in gastronomic events, and exploration of regional cultural landscapes.

2. Craft Winemaking in the Formation and Development of Wine Tourism

Craft winemaking in contemporary Ukraine is emerging as one of the most dynamic and innovative segments of the national wine industry, developing at the intersection of agricultural production, the food industry, gastronomy, and tourism. Within the broader transformation of the tourism sector, this segment performs the function of an entrepreneurial and innovation-oriented niche focused not on mass production, but on the creation of unique products characterized by clear territorial identification, authenticity, and a pronounced cultural component. Craft wineries increasingly function not only as producers of wine products but also as centers of gastronomic culture, local identity, and tourism attraction¹¹.

¹¹ UN Tourism. Wine Tourism. URL: <https://www.unwto.org/wine-tourism>.

Craft wine production can be defined as the activity of small-scale or family-owned enterprises that carry out a complete or partial cycle of winemaking using their own or locally sourced raw materials while applying traditional, experimental, or natural vinification technologies. Such enterprises typically operate with limited production volumes and orient their activities toward niche markets, gastronomic consumption, premium positioning, and wine tourism development. In this context, craft winemaking represents not only a production model but also a philosophy centered on authenticity, territorial uniqueness, environmental sustainability, and direct communication between producer and consumer.

Craft winemaking has acquired particular significance under conditions of structural transformations caused by the full-scale war, the loss of part of the vineyards in the southern regions, disruptions in logistics chains, and the decline in industrial wine production volumes. Under these circumstances, small wineries demonstrated a comparatively high level of adaptability, managerial flexibility, and operational resilience. Unlike large industrial enterprises that depend heavily on extensive distribution systems and export logistics, craft wineries were able to quickly reorient their activities toward direct sales, local markets, tourism services, online communication with consumers, and participation in regional gastronomic initiatives.

The functioning of craft winemaking is primarily based on small and family-owned businesses, often referred to as micro-wineries, whose annual production volumes generally range from several hundred to approximately 15–20 thousand bottles per year. In contrast to large industrial producers focused on standardized products and mass retail distribution, craft wineries operate within the niche segment of emotional and experiential consumption. Their business models are constructed around the concepts of *terroir*, local identity, artisanal production, limited batches, manual labor, and the creation of personalized consumer experiences.

Therefore, craft winemaking should be considered a complex socio-economic and cultural phenomenon that integrates agricultural production, gastronomy, tourism, local territorial development, cultural preservation, and the maintenance of historical traditions. Craft wineries frequently become catalysts for rural development, contribute to the revitalization of local communities, stimulate employment opportunities, and strengthen the cultural attractiveness of regions.

One of the key characteristics of craft winemaking is the transformation of the technological paradigm of wine production itself. While industrial winemaking is based on standardization, technological regulation, and consistency of taste characteristics, the craft segment is oriented toward the philosophy of minimal

intervention in natural fermentation and maturation processes. This concept prioritizes the preservation of the individuality of each harvest year and the creation of wines that reflect the specific characteristics of terroir, climatic conditions, and artisanal production methods.

The philosophy of minimal intervention involves the use of natural biochemical processes, reduced technological manipulation, and limited industrial correction of wine characteristics. Such an approach allows producers to preserve the authenticity and individuality of wine products while forming distinctive sensory and aromatic profiles that cannot be entirely reproduced under industrial production conditions. Consequently, each wine becomes a reflection of a specific harvest, territory, and production philosophy.

Among the principal technological approaches employed within craft winemaking is the use of autochthonous microflora¹². Instead of cultivated industrial yeast strains, many craft producers rely on wild or spontaneous yeasts naturally present on grape skins and within the winery environment. Fermentation using spontaneous yeast occurs more slowly and unpredictably, yet it enables the maximal expression of terroir characteristics, contributes to the formation of complex aromatic structures, and enhances the uniqueness of the final product. Such wines often possess greater depth, individuality, and sensory diversity compared with standardized industrial wines.

Another important technological direction is the revival of alternative aging methods traditionally associated with historical winemaking cultures. Small wineries increasingly employ ceramic amphorae, clay vessels, and Georgian qvevri buried underground for wine aging and fermentation¹³. These ancient technologies provide natural micro-oxidation without the pronounced influence of oak barrels, thereby allowing the preservation of varietal purity and the formation of distinctive organoleptic characteristics. Wines produced using amphora or qvevri technologies are frequently characterized by complex structures, enhanced texture, natural stabilization, and unique aromatic profiles that attract consumers interested in authentic and experimental wine styles.

The revival of traditional vinification technologies also possesses important cultural and tourism significance because it strengthens the connection between modern winemaking and historical heritage. Tourists increasingly seek authentic experiences associated with traditional production methods, direct interaction with winemakers, and participation in tasting activities that emphasize the uniqueness of local wine culture. Consequently, craft wineries become

¹² Great Wine Capitals. URL: <https://www.greatwinecapitals.com/>.

¹³ International Organisation of Vine and Wine (OIV). World Vitiviniculture Situation 2024. URL: <https://www.oiv.int/public/medias/9450/oiv-world-vitiviniculture-situation-2024.pdf>.

not merely production enterprises but multifunctional tourism destinations integrating gastronomy, education, culture, and recreation.

Natural and experimental wines constitute one of the most innovative and rapidly developing directions within contemporary Ukrainian craft winemaking. This segment reflects global trends oriented toward authenticity, minimal technological intervention, environmental sustainability, and the revival of traditional production methods. Among the most widespread categories of natural and experimental wines produced by Ukrainian craft wineries are pétillant naturel wines, commonly known as pet-nat, which represent ancestral sparkling wines produced through natural secondary fermentation in the bottle. Such wines are characterized by freshness, lively acidity, and an artisanal style that differs significantly from industrial sparkling wine production methods.

Another important category is orange wine¹⁴, produced from white grape varieties using extended skin maceration technology. This method provides wines with an amber or orange color, enhanced tannic structure, complex texture, and deep aromatic characteristics. Orange wines have gained increasing popularity within gastronomic tourism and among consumers interested in authentic and unconventional wine styles.

In addition, many Ukrainian craft wineries specialize in the production of natural wines without filtration, wines with minimal sulfur addition, and experimental blends created in limited micro-batches. These production approaches emphasize the individuality of each vintage and the expression of terroir characteristics while simultaneously reflecting the creativity and experimental orientation of small-scale producers. Such wines are typically associated with niche consumption and are highly attractive for gastronomic tourism, tasting experiences, and wine festivals focused on artisanal production.

A particularly important trend within contemporary Ukrainian craft winemaking is the revival and active use of autochthonous grape varieties, among which Odessa Black, Sukholyman White, Telti-Kuruk, Zagrey, Rkatsiteli, and Furmint occupy a special place. Rkatsiteli remains traditionally widespread in Transcarpathia and southern Ukraine, while Furmint is especially associated with the Transcarpathian wine region and Central European winemaking traditions.

The use of indigenous grape varieties constitutes an essential component in the formation of national wine identity and the strengthening of the cultural distinctiveness of Ukrainian winemaking. Autochthonous varieties allow wineries to produce wines with unique sensory characteristics that

¹⁴ Нагурна Н., Куриленко Ю. Дослідження ринку виноробства України як інфраструктури для винного туризму. *Інновації та технології у сфері послуг і харчування*. 2024. № 3 (13). С. 101–105. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.3\(13\).2024.15](https://doi.org/10.32782/2708-4949.3(13).2024.15).

cannot be replicated in other wine-producing countries. Consequently, these varieties play an important role in the development of wine tourism because contemporary tourists increasingly seek authentic local products, exclusive tasting experiences, and regional gastronomic traditions connected with specific territories.

One of the most significant tendencies in the development of modern Ukrainian winemaking is the geographical diversification of the craft segment, manifested through the expansion of viticulture and small-scale winemaking beyond the traditional southern wine-producing regions. Historically, viticulture in Ukraine was concentrated primarily within the Black Sea region and Transcarpathia. However, during the twenty-first century, new wine-producing microregions have gradually emerged within central, western, and even northern regions of the country. This diversification reflects both changing climatic conditions and the growing interest of entrepreneurs in craft production, agritourism, and local gastronomy.

Despite this geographical expansion, the southern regions of Ukraine, particularly Odesa, Mykolaiv, and Bessarabia, continue to remain the principal centers of national winemaking due to their favorable climatic conditions, extensive historical traditions, developed vineyard infrastructure, and established wine culture. These regions possess strong potential for the development of integrated wine tourism products that combine gastronomy, culture, history, and rural tourism experiences.

Among the key representatives of contemporary craft winemaking in southern Ukraine are Beykush Winery, Frumushika-Nova Family Winery, Ofiussa Winery, 46 Parallel Wine Group, and SHABO¹⁵. These wineries actively contribute to the promotion of Ukrainian wines within domestic and international markets while simultaneously developing tourism infrastructure through tasting programs, excursion services, gastronomic events, and cultural initiatives.

Particular attention should be devoted to Ofiussa Winery located in Odesa Oblast within the historical region of Bessarabia. Founded in 2022, this young winery operates within one of the oldest viticultural territories of Ukraine and builds its production philosophy upon the principles of terroir-oriented winemaking and the use of local grape resources. The winery places special emphasis on indigenous grape varieties such as Telti-Kuruk and Odessa Black, thereby contributing to the preservation of regional wine traditions and the strengthening of local wine identity.

¹⁵ Державне агентство розвитку туризму України. Стратегія розвитку туризму. URL: <https://tourism.gov.ua/strategiya-rozvytku-turyzmu>.

The activities of such wineries demonstrate that modern Ukrainian craft winemaking increasingly combines innovation with historical continuity, integrating traditional viticultural practices, experimental technologies, local identity, and tourism development into a unified socio-economic and cultural system. As a result, craft wineries are becoming important centers of regional branding, gastronomic tourism, and cultural communication, contributing to the formation of a modern image of Ukraine within the international wine and tourism space.

An important characteristic of contemporary Ukrainian craft winemaking is the development of cooperative relationships between wineries and local grape producers. In particular, cooperation with winegrowers from Shabo, Starokozache, and Chabanske contributes to the formation of a network-based model of craft production that integrates local agricultural resources, regional identity, and small-scale entrepreneurship into a unified economic system. Such cooperation enhances the sustainability of local viticulture, supports regional economic development, and strengthens the integration of wine production with tourism and gastronomy. Technologically, many craft wineries are oriented toward the philosophy of natural wine production, which presupposes minimal intervention in fermentation and aging processes while preserving the authenticity of terroir and the individuality of each harvest.

Frumushika-Nova Family Winery located in Odesa region is integrated into a large ethno-tourism complex that creates a synergistic combination of wine tourism, gastronomic tourism, and cultural tourism. The vineyard area exceeds 10 hectares, while production activities are oriented toward organic cultivation practices and environmentally sustainable approaches. The winery's product portfolio includes both international and autochthonous grape varieties, particularly Citronny Magaracha and Odessa Black, which regularly receive high evaluations at international wine competitions. A defining feature of the enterprise is the formation of a comprehensive tourism product that integrates wine tastings, ethnographic events, traditional gastronomy, and cultural experiences connected with regional heritage. Such integration significantly increases the attractiveness of the winery for domestic and international tourists seeking authentic cultural experiences.

46 Parallel Wine Group located in Odesa region represents a new generation of Ukrainian winemaking enterprises oriented toward international markets and global competitiveness. The company's concept is based on the use of grapes cultivated along the 46th parallel, emphasizing the geographical identity and climatic specificity of the products. The enterprise has received more than 90 international awards and forms part of the international wine group *Vinos de la Luz*, which facilitates integration into the global wine industry and

promotes the export of Ukrainian wines. Through participation in international exhibitions, competitions, and professional networks, the company contributes to strengthening the international recognition of Ukrainian winemaking and the development of the national wine brand.

SHABO, located in Odesa region, is one of the oldest and largest wine producers in Ukraine. Despite its industrial production scale, the company actively interacts with the craft segment through the implementation of innovative technologies, experimental projects, and the development of tourism infrastructure. *SHABO* owns more than 1,200 hectares of vineyards and has received over 500 international awards, confirming the high quality and international competitiveness of its wine products. A particularly important role is played by the Center of Wine Culture, which has become one of the key wine tourism attractions in Ukraine. The center integrates museum exhibitions, tasting halls, educational programs, excursion routes, and gastronomic events, thereby transforming the winery into a multifunctional tourism and cultural destination.

Beykush Winery located in Mykolaiv region is considered one of the most innovative family wineries in Ukraine. Founded in 2010, the enterprise became a pioneer in the field of experimental blends and the cultivation of non-standard grape varieties adapted to local terroir conditions. The winery possesses its own vineyards exceeding 15 hectares, which enables full control over the entire production cycle from grape cultivation to bottling finished products. *Beykush Winery* is actively integrated into international wine markets and has received more than 100 awards at prestigious international competitions, including the Decanter World Wine Awards. An important feature of the winery is the creation of unique wine brands such as *Kara Kermen*, which contribute to the formation of a new stylistic image of Ukrainian wine and enhance its international competitiveness.

The wineries of southern Ukraine are generally characterized by an orientation toward autochthonous grape varieties, the production of natural wines, experimental vinification technologies, and active integration into wine tourism development. *Beykush Winery* is especially recognized for its experimental blends and innovative approach to terroir expression, *Frumushika-Nova* is distinguished by the successful integration of wine production with ethnographic tourism and gastronomy, while *46 Parallel Wine Group* demonstrates a strong orientation toward global markets and international branding strategies. Together, these wineries contribute to the transformation of the southern regions into modern centers of wine tourism and gastronomic culture.

Transcarpathia represents the second most important wine-producing region of Ukraine where centuries-old winemaking traditions are combined with

contemporary technological and tourism-oriented approaches. The region is distinguished by favorable climatic conditions, volcanic and clay soils, mountain terroir, and a multicultural historical heritage that significantly influence the specificity of local wines and tourism development.

Among the key wineries of Transcarpathia are Chateau Chizay, Kohanovska Winery and Čopak Wine¹⁶. These enterprises actively contribute to the preservation of regional traditions while simultaneously implementing modern approaches to natural winemaking, tourism development, and international promotion.

Chateau Chizay is considered one of the flagships of Ukrainian winemaking. Operating since 1995, the company manages more than 270 hectares of vineyards and successfully combines European winemaking traditions with local Transcarpathian specificity. The winery actively represents Ukraine at international exhibitions and wine competitions and has received numerous awards for the quality of its products. Chateau Chizay specializes particularly in wines produced from the Furmint grape variety as well as dessert wines that reflect the historical traditions of Central European viticulture. The enterprise also actively develops tourism infrastructure through tasting complexes, guided tours, gastronomic events, and cultural programs associated with regional wine heritage.

Kohanovska Winery located in Transcarpathia is a family-owned enterprise specializing in the production of natural sparkling wines, particularly pet-nat wines produced using ancestral fermentation methods. A distinctive feature of the winery is its focus on mountain viticulture and the cultivation of grape varieties such as Müller-Thurgau and Zweigelt. The winery demonstrates a strong orientation toward spontaneous fermentation, local wine styles, artisanal production methods, and minimal technological intervention. Such an approach corresponds to contemporary global trends in natural winemaking and increases the attractiveness of the winery within the segment of experiential and gastronomic tourism.

Čopak Wine practices a fully natural approach to wine production, including fermentation with wild yeast and the complete absence of technological additives. The winery's products represent an example of the «pure terroir» concept because they emphasize the natural characteristics of grapes, local environmental conditions, and minimal human intervention in the production process. This philosophy fully corresponds to current international trends in the development of natural wines and sustainable gastronomy. The winery

¹⁶ World Travel & Tourism Council (WTTC). Economic Impact of Tourism in Ukraine 2025. URL: <https://wtcc.org/research/economic-impact/country-analysis>.

also contributes to the formation of a niche tourism product oriented toward consumers interested in authentic, environmentally sustainable, and artisanal wine experiences.

The wineries of the Transcarpathian region specialize primarily in European grape varieties, natural wines, and the development of wine tourism integrated with regional cultural heritage. A distinctive feature of the region is its mountain terroir, which contributes to the formation of wines characterized by elevated acidity, elegance, freshness, and pronounced minerality. Such characteristics significantly increase the gastronomic value and tourism attractiveness of Transcarpathian wines while strengthening the competitiveness of the region within the national and international wine tourism market.

Podillia, which includes the Vinnytsia, Ternopil and Khmelnytskyi regions, is gradually emerging as one of the newest centers for the development of craft winemaking in Ukraine, particularly within the segments of pet-nat and orange wine production. The region demonstrates the growing geographical diversification of Ukrainian viticulture and reflects contemporary trends associated with experimental vinification, terroir-oriented production, and the integration of wine tourism into rural development strategies. Favorable microclimatic conditions, increasing entrepreneurial activity, and the revival of local agricultural traditions contribute to the formation of new wine-producing microregions within Podillia.

An important example of the development of craft winemaking in Podillia, particularly within the territory located between the city of Mohyliv-Podilskyi and the village of Bronnytsia in Vinnytsia region, is the activity of the family winery *Vinnyi Dim Gigineishvili*. This enterprise demonstrates a comprehensive approach to the development of modern Ukrainian winemaking through the restoration of historical vineyards, the implementation of traditional wine-aging technologies, and the simultaneous development of tourism infrastructure. The winery therefore functions not merely as a production facility but also as an element of regional cultural and tourism development.

The enterprise has operated within the Ukrainian wine market for more than ten years and has gradually formed its own production and marketing niche within the craft wine segment. A distinctive characteristic of the winery is its orientation toward the revival of historical vineyards covering approximately 16 hectares. A significant proportion of production processes is performed manually, which fully corresponds to the philosophy of artisanal production, small-scale viticulture, and the preservation of traditional agricultural practices.

From a technological perspective, the winery actively applies traditional vinification methods, particularly the aging of wine in qvevri and clay amphorae. Such technologies are characteristic of natural and terroir-oriented winemaking

because they allow minimal technological intervention while preserving the individuality of grape varieties and the authenticity of local terroir. The use of amphora technologies also contributes to the formation of unique organoleptic characteristics and enhances the gastronomic value of the wines.

In addition to production activities, Vinnyi Dim Giginishvili actively develops tourism infrastructure. The winery includes a tasting hall and a small hotel designed for receiving tourists and organizing gastronomic events. This approach corresponds to the contemporary model of craft winery development in which wine production is integrated with rural tourism, wine tourism, cultural tourism, and gastronomy, thereby forming a comprehensive and multifunctional tourism product. Such integration significantly increases the attractiveness of the region for visitors interested in authentic local experiences.

Bakota Bay Winery located in Khmelnytskyi region represents another important example of the new generation of Ukrainian craft wineries. Established in 2023, the winery develops wine tourism based on the unique natural landscapes of the Bakota area, which possesses significant recreational and tourism potential. The product portfolio includes international grape varieties such as Chardonnay and Pinot Noir together with adapted hybrid varieties capable of successful cultivation under local climatic conditions. A defining feature of the enterprise is the integration of winemaking with recreational activities, ecological tourism, and the active development of tourism infrastructure associated with the natural attractiveness of the region.

Fathers Wine Winery located in Ternopil region is considered one of the most recognized craft wineries in Ukraine. Founded in 2010, the enterprise possesses approximately 6 hectares of vineyards and annually produces around 40–50 thousand bottles of wine. The winery is distinguished by a strongly experimental production philosophy that combines traditional technologies with innovative vinification approaches. Among the principal technological directions are the use of amphorae and oak barrels, the production of amber or orange wines, and the development of pet-nat sparkling wines produced through ancestral fermentation methods. The products of Fathers Wine Winery have repeatedly received recognition at prestigious international competitions, including the Decanter World Wine Awards, which confirms the growing international competitiveness of Ukrainian craft winemaking.

An equally important trend within the transformation of Ukrainian viticulture is the emergence of non-traditional wine-producing zones in regions such as Sumy, Zhytomyr, Dnipropetrovsk and Lviv. These territories historically were not considered suitable for large-scale viticulture due to climatic limitations. However, climate change, technological innovation, the use of hybrid grape

varieties, and the growing popularity of craft winemaking have stimulated the gradual expansion of vineyards into these new geographical areas.

Dryukivskie Wines located in Dnipropetrovsk region represents one of the few wineries in central-eastern Ukraine that demonstrates the successful adaptation of viticulture to atypical natural and climatic conditions. The operation of the enterprise for more than ten years indicates its institutional stability and the establishment of a sustainable production model within the craft wine segment. The winery's assortment is characterized by considerable diversification and includes a broad spectrum of wine styles ranging from classic white and red wines to orange wines produced through extended skin maceration technologies.

An important feature of *Dryukivskie Wines* is the combination of international grape varieties such as Sauvignon Blanc, Riesling, Cabernet Sauvignon, and Merlot with indigenous Ukrainian varieties, particularly Odessa Black. This hybrid production model increases adaptability to local environmental conditions while simultaneously preserving elements of national wine identity. In addition to production activities, the winery actively develops tasting tourism, thereby ensuring its integration into the regional tourism space and contributing to the formation of demand for wine tourism within central-eastern Ukraine.

Enko Winery located in Sumy region represents a vivid example of experimental viticulture in the northern regions of Ukraine where climatic conditions were traditionally considered unfavorable for grape cultivation. The establishment of vineyards in 2018 indicates that the enterprise belongs to the newest wave of development of non-traditional wine-producing territories. The winery's production strategy is based primarily on the use of hybrid grape varieties such as Johanniter, Citronny Magaracha, and Levokumskyi Chornyi, which demonstrate increased resistance to low temperatures and diseases.

This approach reflects not only technological adaptation to local climatic conditions but also the strategic direction of the future development of Ukrainian viticulture under conditions of climate change and geographical expansion of the industry. The use of hybrid varieties increases production sustainability and opens opportunities for the further development of viticulture in northern territories previously considered unsuitable for wine production.

Halytski Pahorby Winery located in Ternopil region is another young winery focused predominantly on white grape varieties, particularly Sauvignon Blanc and Solaris. A distinctive feature of the winery is the use of amphora technologies and the integration of historical and cultural narratives into brand formation and tourism positioning. Such an approach strengthens the

authenticity of the tourism product and creates emotional connections between visitors and regional heritage.

Rakovetska Loza Winery located in Lviv region is a family-owned enterprise with relatively small production volumes amounting to several thousand bottles annually. The winery operates under cool climatic conditions that significantly influence the stylistic characteristics of the wines. Its products are distinguished by elevated acidity, freshness, elegance, and high gastronomic value, which correspond to contemporary trends in cool-climate viticulture. The winery actively participates in tasting competitions, regional wine festivals, and gastronomic events, thereby contributing to the growing recognition of western Ukrainian winemaking within domestic tourism and professional wine communities.

Biologist Craft Winery (Biologist Winery, Kyiv region) is a new generation biodynamic winery, founded in 2019, with vineyards in both Kyiv and Odessa regions. A biodynamic winery is a winery that grows grapes and produces wine according to the principles of biodynamic agriculture, which involve the rejection of synthetic agrochemicals, the use of biodynamic preparations, taking into account natural and astronomical cycles and minimal technological intervention in the wine production process. Key features: use of biodynamic practices in viticulture; fermentation with wild yeast; production of natural, orange and sparkling wines. The winery has over 20 international awards and actively participates in international exhibitions, shaping the image of Ukraine as a producer of quality craft wine.

Cassia family winery located in the village of Myla, Kyiv region, is an example of how a small family micro-project can shape local wine culture and influence the development of the craft sector. The winery specializes in craft production with minimal technological intervention. Cassia's specialty is the production of orange (amber) wines, which are made using the technology of infusing white varieties on the skin, which is traditionally used for red wines. This gives the product a rich color, increased tannin and a complex aromatic profile with shades of dried apricots, nuts and spices.

The winery's varietal composition includes both international varieties (Cabernet Sauvignon, Merlot, and Pinot Noir) and those adapted to the Ukrainian terroir, such as Odessa Black. Wild yeast is used for fermentation, and the amount of added sulfites is minimal, which ensures the naturalness and "liveliness" of the wine, valuable for craft wine enthusiasts.

The contemporary Ukrainian wine sector demonstrates a remarkable diversification of technological approaches that reflect both global winemaking trends and the unique characteristics of local terroirs. Alongside established commercial producers, a growing number of craft wineries are adopting

innovative production methods ranging from natural and low-intervention winemaking to organic cultivation, amphora fermentation and experimental blending practices, Table 1.

The modern structure of the Ukrainian wine market is characterized by the gradual decentralization of production and the growth of the role of small producers. If earlier the market was concentrated mainly in large wineries of the southern regions, today wineries appear in almost all regions

Table 1

Comparative characteristics of craft wineries in Ukraine

Technological Profile	Representative Wineries	Main Regions	Key Features
Natural and Low-Intervention Wines	Ofiussa Winery, Kohanovska Winery, Čopak Wine, Biologist Craft Winery	Odesa, Zakarpattia, Kyiv regions	Minimal intervention, spontaneous fermentation, terroir expression, use of indigenous yeasts
Organic and Biodynamic Winemaking	Frumushika-Nova Family Winery, Biologist Craft Winery	Odesa, Kyiv regions	Organic vineyard management, environmental sustainability, biodiversity preservation
Pet-Nat and Amber Wine Production	Fathers Wine, Kohanovska Winery, Cassia	Ternopil, Zakarpattia, Kyiv regions	Traditional bottle fermentation, skin-contact wines, experimental production methods
Amphora and Qvevri Technologies	Fathers Wine, Hihinashvili Wine House, Halytski Pahorby	Vinnytsia, Ternopil regions	Ancient fermentation techniques, clay vessel ageing, revival of historical winemaking traditions
Premium and Export-Oriented Wineries	46 Parallel Wine Group, SHABO, Chateau Chizay	Odesa, Zakarpattia regions	International standards, export focus, advanced production technologies
Innovative Blending and Experimental Wines	Beykush Winery, Bakota Bay Winery	Mykolaiv, Khmelnytskyi regions	Innovative blends, varietal experimentation, adaptation to local terroirs
Cool-Climate and Emerging Viticulture	Enko Winery, Rakovetska Loza, Driukivski Vyna	Sumy, Lviv, Dnipropetrovsk regions	Development of viticulture in non-traditional wine-growing areas, climate adaptation strategies

of Ukraine from Transcarpathia to Kyiv, Cherkasy and even the northern regions.

Craft wineries are the basis for the formation of wine tourist routes, since they offer the tourist a comprehensive experience:

- excursions to the vineyards,
- participation in the grape harvest,
- wine tastings,
- gastronomic combinations,
- local farm products,
- wine festivals,
- thematic events and master classes.

In fact, a craft winery acts not only as a production enterprise, but also as a tourist destination, gastronomic center and cultural space. In many cases, it is small wineries that become drivers of the development of rural tourism, local infrastructure, hotels, restaurants and farms.

Thus, craft winemaking in Ukraine, in the context of industry transformation, is forming a new model of wine sector development, which is based on small entrepreneurship, local identity, innovative production technologies and integration with wine tourism. Unlike the industrial model of winemaking, the craft segment focuses on quality, uniqueness, territorial origin of the product and the consumer's tourist experience. In the future, craft winemaking can become the basis for the formation of a national brand of Ukrainian wine, the development of gastronomic and rural tourism, as well as increasing Ukraine's competitiveness in the global niche wine market.

3. SWOT analysis and conceptual model of Ukrainian craft wine tourism development

The contemporary development of Ukrainian craft wine tourism is characterized by a combination of significant competitive advantages, transformational opportunities, structural limitations, and external risks.

Under conditions of post-war recovery, globalization of gastronomic tourism, changing consumer preferences, and the growing popularity of authentic tourism experiences, the craft wine sector is gradually becoming an important component of regional economic development and tourism diversification in Ukraine.

The development of craft wine tourism should be considered through a strategic analytical approach because this sector integrates agricultural production, hospitality, gastronomy, cultural heritage, local entrepreneurship, and tourism infrastructure into a unified territorial system. In this context, SWOT analysis represents an effective methodological instrument for

identifying the internal strengths and weaknesses of the sector as well as the external opportunities and threats influencing its long-term competitiveness and sustainability¹⁷.

The strengths of Ukrainian craft wine tourism are primarily associated with the diversity of terroirs, the presence of favorable natural and climatic conditions for viticulture, and the preservation of authentic regional traditions. Ukraine possesses considerable potential for the production of unique wines due to the coexistence of international and autochthonous grape varieties, including Odessa Black, Telti-Kuruk, Sukholyman White, and Zagrey. Such diversity contributes to the formation of distinctive regional identities and increases the attractiveness of Ukrainian wine destinations for domestic and international tourists.

An important competitive advantage of the sector is the rapid development of small and family-owned wineries oriented toward artisanal production, natural vinification technologies, and experiential tourism. Craft wineries increasingly integrate wine production with gastronomy, cultural heritage, tasting tourism, rural tourism, and event tourism, thereby creating comprehensive tourism products based on authenticity and emotional interaction with visitors. In addition, the growing popularity of orange wines, pet-nat sparkling wines, biodynamic production, and sustainable tourism practices corresponds to current global trends in wine tourism development.

At the same time, the sector faces several internal weaknesses that limit its competitiveness and international visibility. One of the principal problems is the insufficient development of tourism and transport infrastructure within many wine-producing regions. Limited accessibility of rural destinations, inadequate road conditions, insufficient accommodation facilities, and underdeveloped tourism services reduce the overall quality of tourist experiences and constrain the expansion of wine tourism routes.

Another significant weakness is the relatively low level of international recognition of Ukrainian wine brands compared with established European wine-producing countries such as France, Italy, Spain, or Portugal. The fragmentation of marketing activities, limited participation in international tourism promotion campaigns, and insufficient digital communication strategies reduce the visibility of Ukrainian wine tourism products within global tourism markets. In addition, many small wineries possess limited financial and investment resources, which complicates technological modernization, infrastructure development, and large-scale tourism promotion.

¹⁷ Національний інститут стратегічних досліджень. Туризм в Україні. 2025. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/turyzm>.

Despite these limitations, Ukrainian craft wine tourism possesses substantial opportunities for future development. One of the most promising directions is the integration of Ukrainian wine destinations into the European wine tourism market through participation in international wine routes, exhibitions, festivals, gastronomic events, and cross-border tourism initiatives. The growing global demand for authentic, sustainable, and experiential tourism products creates favorable conditions for the promotion of Ukrainian craft wineries and regional wine brands.

The expansion of wine and gastronomic tourism clusters also creates opportunities for strengthening regional economic development and stimulating rural revitalization. Craft wineries increasingly function as multifunctional tourism destinations that combine hospitality services, gastronomy, accommodation facilities, cultural activities, educational programs, and local entrepreneurship into integrated territorial systems. Such clustering contributes to the diversification of local economies, the creation of employment opportunities, and the enhancement of regional investment attractiveness.

Digital transformation represents another important opportunity for the sector. The implementation of online booking systems, digital marketing tools, virtual tastings, social media promotion, multilingual informational platforms, and smart tourism technologies significantly increases the accessibility of wine tourism products and strengthens communication between wineries and consumers. Digitalization also allows small producers to enter international markets more effectively and to develop direct sales channels independent of traditional distribution systems.

However, the development of Ukrainian craft wine tourism remains highly vulnerable to external threats. The most significant challenge is associated with the ongoing military aggression against Ukraine, which has caused the destruction of vineyards, tourism infrastructure, transport networks, and production facilities in several wine-producing regions. Military risks negatively influence investment activity, reduce tourist mobility, and create long-term uncertainty for the development of tourism businesses.

Climate change also constitutes a serious threat to the sustainability of viticulture because rising temperatures, irregular precipitation patterns, droughts, and extreme weather events directly affect grape quality, harvest stability, and the geographical distribution of vineyards. In addition, Ukrainian wineries face strong competition from internationally recognized wine destinations possessing significantly larger financial resources, established branding systems, and advanced tourism infrastructure.

Economic instability, migration processes, labor shortages, and disruptions in logistics and export channels additionally complicate the functioning of the

sector. Such factors reduce the operational resilience of wineries and create barriers to long-term strategic planning and international market expansion.

The generalized results of the SWOT analysis of Ukrainian craft wine tourism are presented in Table 2.

The proposed conceptual model of Ukrainian craft wine tourism development reflects the complex interaction between natural resources, craft wine production, tourism integration, infrastructure development, and sustainable regional transformation. The model demonstrates that contemporary craft wine tourism should be considered as an interdisciplinary socio-economic system that integrates viticulture, gastronomy, hospitality, cultural heritage, entrepreneurship, and territorial development into a unified tourism framework.

The first level of the model is represented by the resource foundation, which includes natural and climatic conditions, terroir characteristics, grape genetic resources, cultural and historical heritage, gastronomic traditions, human capital, and institutional support. These components form the primary basis for the development of viticulture and determine the uniqueness and territorial identity of wine-producing regions.

The second level reflects the core of the system – craft wine production. At this stage, the emphasis is placed on small-scale and family-owned wineries,

Table 2

Enhanced SWOT analysis of Ukrainian craft wine tourism development

Strengths	Weaknesses
Significant terroir diversity and favorable agro-climatic conditions for viticulture development. Presence of unique autochthonous and locally adapted grape varieties that strengthen product differentiation. Rapid development of craft, boutique, and family-owned wineries. Strong integration potential between wine tourism, gastronomy, cultural heritage, and rural tourism. Growing implementation of organic, biodynamic, and sustainable winemaking practices. Authentic regional identity and preservation of local traditions, cuisine, and cultural heritage. Increasing domestic consumer demand for local and artisanal products. Competitive pricing of tourism products compared with European wine destinations	Insufficient transport, tourism, and hospitality infrastructure in wine-producing regions. Limited international awareness and weak global positioning of Ukrainian wines. Fragmented marketing strategies and absence of a unified national wine tourism brand. Restricted access to investment capital and financial support mechanisms. Uneven regional development and concentration of wine tourism activities in selected destinations. Low level of digitalization, smart tourism technologies, and online promotion. High dependence on seasonality and limited diversification of tourism services. Insufficient professional training and shortage of qualified personnel in wine tourism management

Continuation of table 2

Opportunities	Threats
Integration into the European wine tourism ecosystem and participation in international wine routes. Growing global demand for experiential, authentic, and sustainable tourism products. Formation of regional wine tourism clusters and destination management partnerships. Expansion of digital marketing, e-commerce, and smart tourism technologies. Post-war recovery and international investment programs aimed at regional revitalization. Participation in international wine festivals, exhibitions, and events. Development of cross-border tourism cooperation with European countries. Increasing interest in gastronomic tourism among younger generations and international travelers	Military risks, security instability, and destruction of tourism infrastructure caused by war. Climate change, environmental degradation, and increased vulnerability of vineyards. Intensifying competition from established European wine destinations. Macroeconomic instability, inflationary pressures, and labor migration. Disruptions in logistics chains, exports, and international supply networks. Reduction of vineyard areas due to economic and environmental challenges. Declining purchasing power of tourists and reduced investment attractiveness. Demographic decline and shortage of skilled human capital in rural territories

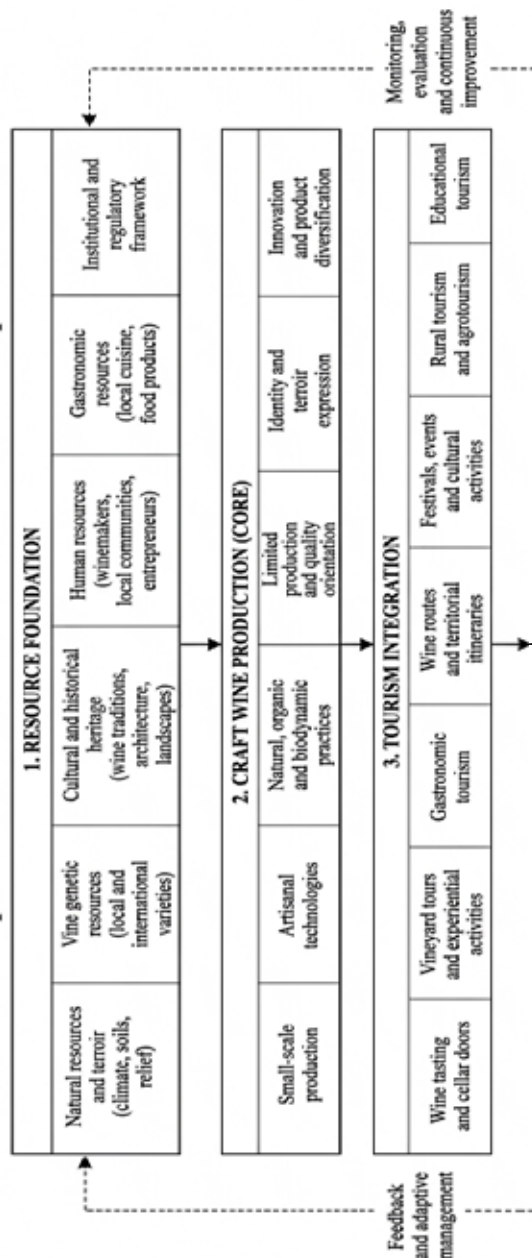
artisanal production technologies, biodynamic and organic practices, limited production volumes, and terroir-oriented winemaking. Craft production forms the authentic character of wine products and creates the foundation for experiential tourism development.

The third level demonstrates the integration of winemaking with tourism activities. This component includes wine tastings, vineyard excursions, gastronomic tourism, wine routes, festivals, cultural events, agritourism, and educational tourism. The integration of these elements transforms wineries into multifunctional tourism destinations that provide visitors with emotional, cultural, and sensory experiences.

The fourth level of the model is associated with infrastructure and support systems necessary for the effective functioning of wine tourism destinations. This includes transport accessibility, accommodation facilities, tasting infrastructure, digital communication technologies, destination branding, professional training, and public-private partnerships. Infrastructure performs a critical role in ensuring tourist mobility, service quality, and the competitiveness of regional wine tourism products.

The fifth level represents the regional and socio-economic effects generated by the development of craft wine tourism. Among the principal effects are employment creation, support for small and medium-sized enterprises, rural revitalization, regional branding, investment attraction, and

Conceptual Model of Ukrainian Craft Wine Tourism Development



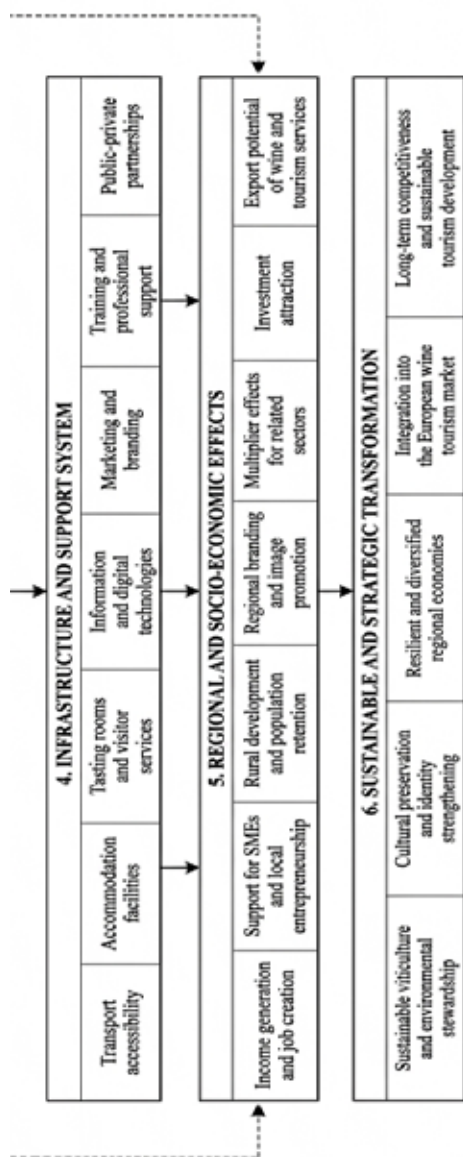


Fig. 1. The conceptual model of Ukrainian craft wine tourism development

the stimulation of related economic sectors such as hospitality, gastronomy, and local agriculture.

The final level of the model reflects sustainable and strategic transformation. At this stage, wine tourism contributes to environmental sustainability, cultural preservation, economic resilience, integration into the European tourism market, and the formation of long-term competitive advantages for Ukrainian regions. Sustainable viticulture, balanced territorial development, and the preservation of local identity become key priorities within the strategic evolution of the sector.

The model also demonstrates the importance of feedback mechanisms, monitoring systems, adaptive management, and continuous improvement processes that ensure the long-term stability and flexibility of Ukrainian craft wine tourism under conditions of economic transformation, globalization, and post-war recovery.

Thus, the proposed conceptual model demonstrates that Ukrainian craft wine tourism represents a multi-level and integrated system in which natural resources, local identity, craft production, tourism activities, infrastructure, and regional development are closely interconnected. The interaction of these components creates favorable conditions for the formation of competitive wine tourism destinations capable of generating sustainable economic, cultural, and social effects.

The model confirms that the future development of Ukrainian craft wine tourism should be based on the principles of authenticity, sustainability, innovation, and territorial specialization. The growing role of craft wineries, experiential tourism, gastronomy, digital technologies, and regional branding contributes to the transformation of wine tourism into an important instrument of post-war recovery and rural revitalization.

In the long-term perspective, the implementation of integrated development strategies, infrastructural modernization, international promotion, and sustainable tourism practices may significantly strengthen the competitiveness of Ukrainian wine destinations within the European and global tourism markets. Consequently, craft wine tourism possesses substantial potential not only for the diversification of the national tourism industry but also for the preservation of cultural heritage, stimulation of local entrepreneurship, and sustainable territorial development of Ukraine.

CONCLUSIONS

The study confirms that Ukrainian craft wine tourism is transforming into an important segment of the national tourism and hospitality industry, integrating viticulture, gastronomy, cultural heritage, and rural tourism into a unified

regional development system. The spatial structure of Ukrainian viticulture is characterized by significant regional differentiation determined by terroir conditions, historical traditions, tourism infrastructure, and local identity.

Southern Ukraine and Transcarpathia remain the principal wine-producing regions, while central and western regions demonstrate active growth of craft wineries and new wine tourism destinations. Craft wineries perform not only production but also tourism, cultural, and socio-economic functions through tastings, wine routes, festivals, agritourism, and gastronomic tourism, contributing to regional branding and rural revitalization.

The study demonstrates that the competitiveness of Ukrainian craft wine tourism is based on terroir diversity, autochthonous grape varieties, artisanal production methods, and experiential tourism integrated with gastronomy and cultural heritage. At the same time, infrastructural limitations, military risks, climate change, and insufficient international promotion remain key barriers to sustainable development.

The conducted SWOT analysis confirms significant opportunities for integration into the European tourism market through sustainable tourism practices, digitalization, wine routes, and innovative tourism products.

The proposed conceptual model shows that effective development depends on the interaction between resource potential, craft production, tourism infrastructure, local communities, and institutional support.

Under conditions of post-war recovery, craft wine tourism may become an important instrument of sustainable regional development, investment attraction, and the formation of a competitive international image of Ukraine.

SUMMARY

The study confirms that wine tourism represents a complex interdisciplinary phenomenon integrating viticulture, gastronomy, culture, hospitality, and regional development. Wine tourism performs recreational, economic, cultural, and branding functions while contributing to the preservation of local heritage and diversification of rural economies. A key role in this process belongs to craft winemaking, which focuses on terroir-oriented production, local identity, traditional technologies, and authentic tourist experiences. The effectiveness of wine tourism development depends on the interaction of natural, historical and cultural, production, gastronomic, and event resources. Natural conditions and terroir determine the uniqueness of wine-growing regions, while gastronomy, festivals, and wineries form tourism attractiveness. The research identifies significant spatial transformations of Ukrainian viticulture through the emergence of new craft wine microregions beyond traditional wine-producing territories. This diversification contributes to the development of new tourism

routes, regional brands, and tourism products. An important trend is the growing role of autochthonous grape varieties, natural wines, orange wines, and pet-nat production, which strengthen the authenticity and competitiveness of Ukrainian wine tourism.

Bibliography

1. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Концепція розвитку виноградарства та виноробства. URL: <https://minagro.gov.ua/ua/news/kontseptsiya-rozvytku-vynohradarstva-ta-vynorobstva>.
2. UA Wine. Загальний портал українського вина. URL: <https://uawine.com/>.
3. Wines of Ukraine. URL: <https://winesofukraine.com/>.
4. The Heart of Wine. Wine. Culture. Inspiration. URL: <https://theheartofwine.com/>.
5. Bondar M. I. Strategic model of wine tourism development and conceptual approaches to its accounting in the management of wineries. Економічний вісник Дніпровської політехніки. 2025. № 2. С. 133–140. URL: <https://doi.org/10.33271/ebdut/90.133>.
6. Асоціація сомельє України. URL: <https://sommelier.org.ua/>.
7. Ukrainian Wine Week. URL: <https://ukrainewineweek.com/>.
8. Державна служба статистики України. Статистика туризму в Україні 2024. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/tur/tur.html>.
9. Українське виноробство під час війни та розвиток галузі відповідно до стандартів Європейського Союзу: роль охорони прав інтелектуальної власності. URL: <https://ukrpatent.org/uk/news/main/ukrainske-vynorobstvo-prava-iv-13042023>.
10. Pechko V. Wine tourism as a component of the strategic development of the viticulture and wine industry. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки». 2025. № 1 (115). С. 108–112. URL: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2025-1-15>.
11. UN Tourism. Wine Tourism. URL: <https://www.unwto.org/wine-tourism>.
12. Great Wine Capitals. URL: <https://www.greatwinecapitals.com/>.
13. International Organisation of Vine and Wine (OIV). World Vitiviniculture Situation 2024. URL: <https://www.oiv.int/public/medias/9450/oiv-world-vitiviniculture-situation-2024.pdf>.
14. Нагурна Н., Куриленко Ю. Дослідження ринку виноробства України як інфраструктури для винного туризму // Інновації та технології

у сфері послуг і харчування. 2024. № 3 (13). С. 101–105. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.3\(13\).2024.15](https://doi.org/10.32782/2708-4949.3(13).2024.15).

15. Державне агентство розвитку туризму України. Стратегія розвитку туризму. URL: <https://tourism.gov.ua/strategiya-rozvytku-turyzmu>.

16. World Travel & Tourism Council (WTTC). Economic Impact of Tourism in Ukraine 2025. URL: <https://wttc.org/research/economic-impact/country-analysis>.

17. Національний інститут стратегічних досліджень. Туризм в Україні. 2025. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/turyzm>.

Information about the author:

Chernykhivska Anna Volodymyrivna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Tourism and Hotel and
Restaurant Business

Kyiv National University of Technologies and Design
2 Mala Shyyanivska Street, Kyiv, Ukraine

02

SECTION



FOODTECH AS A DRIVER OF INNOVATIONS IN THE FOOD INDUSTRY

BEAN FUTURE: ТРЕНД ВЕГАНСЬКИХ ПРОДУКТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Андрєєва С. С., Діхтярь А. М.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-2>

ВСТУП

Сучасна харчова індустрія перебуває на етапі глобальної трансформації, що зумовлено зміною споживчих пріоритетів, зростанням популярності здорового способу життя та необхідністю впровадження принципів sustainable food systems. Упродовж останніх років одним із найбільш динамічних напрямів розвитку світового ринку стала vegan food індустрія, орієнтована на створення функціональної рослинної продукції з високою харчовою цінністю, покращеними органолептичними властивостями та мінімальним екологічним навантаженням.

Одним із ключових напрямів розвитку vegan food tech є використання зернобобової сировини як джерела рослинного білка, харчових волокон, складних вуглеводів і біологічно активних речовин. Бобові культури характеризуються високою харчовою цінністю, доступністю та широкими функціонально-технологічними можливостями, що дозволяє використовувати їх у виробництві десертної, кулінарної, хлібобулочної та frozen convenience продукції. Саме тому концепція Bean Future Food Tech розглядається як перспективний напрям створення продуктів нового покоління на основі рослинної сировини.

Актуальність монографії зумовлена необхідністю розроблення сучасних технологій виробництва функціональної vegan-продукції з використанням зернобобових культур та інноваційних структуроутворюючих компонентів. Незважаючи на активний розвиток ринку рослинних продуктів, сучасна vegan food індустрія стикається з низкою технологічних проблем, серед яких – недостатня стабільність структури рослинних напівфабрикатів, наявність характерного «бобового» присмаку, низька соковитість аналогів м'ясної продукції та складність формування стабільних текстур після циклів «заморожування – термічна обробка». Особливо актуальною є проблема створення конкурентоспроможної vegan-продукції, яка за

органолептичними показниками не поступалася б традиційним виробам тваринного походження.

Суттєвого значення набуває і проблема оптимізації процесів гідротермічної обробки зернобобової сировини. Саме процеси замочування, набухання та варіння визначають швидкість гідратації білків і полісахаридів, пластичність структури, ступінь подрібнення та функціонально-технологічні властивості напівфабрикатів. У сучасних умовах особливий інтерес становить використання різних середовищ замочування, зокрема води, лужних і кислих розчинів, здатних інтенсифікувати процеси вологопоглинання та покращувати структуру бобових систем.

Не менш актуальним є використання функціональних інгредієнтів нового покоління – аквафаби, окари, насіння чіа, льону, ксантанової камеді, місо-пасти та прямих сумішей, які дозволяють формувати сучасний гастрономічний профіль продукції та покращувати її структурно-механічні характеристики. Використання таких компонентів забезпечує створення clean label продуктів із високою споживчою цінністю та відповідає сучасним тенденціям healthy food і sustainable nutrition.

У монографії особливу увагу приділено концепції Smart Bean Processing, яка базується на науковому обґрунтуванні процесів гідратації, структуроутворення та стабілізації бобових систем. Проведено дослідження кінетики набухання квасолі залежно від температури, типу насінневої оболонки та середовища замочування. Встановлено, що найбільш ефективними умовами гідратації є використання 0,2% розчину бікарбонату натрію за температури 60°C, що дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу та забезпечити формування пластичної консистенції напівфабрикату.

У межах дослідження також розроблено концепцію CryoBean Structure Tech, спрямовану на стабілізацію структури заморожених vegan-продуктів. Доведено ефективність використання соєвої окари та ксантанової камеді у технології frozen falafel products. Встановлено, що використання ксантанової камеді у концентрації 0,5% забезпечує стабільність структури, збереження форми виробів та оптимальні органолептичні характеристики після циклу «заморожування – смаження».

Практична частина монографії присвячена розробленню інноваційного асортименту Bean Future Products. У результаті досліджень створено сучасні vegan-продукти нового покоління: бобове печиво «Velour», хлібобулочний виріб «BibRoll», «Хрусткі бобові кульки із заатаром», «Крафтовий хумус» та «Фалафель заморожений». Особливістю розробленої продукції є поєднання зернобобової сировини, функціональних інгредієнтів

і clean label технологій, що забезпечує високу харчову цінність, сучасний гастрономічний профіль та конкурентоспроможність продукції на ринку healthy food.

Метою монографії є наукове обґрунтування та розроблення інноваційних технологій виробництва vegan-продукції нового покоління на основі зернобобової сировини з використанням функціональних інгредієнтів та сучасних food tech технологій.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку vegan food tech та інноваційних технологій виробництва рослинної продукції;
- обґрунтувати вибір зернобобової сировини для технологій Bean Future Products;
- дослідити процеси набухання квасолі у різних середовищах та визначити раціональні параметри гідротермічної обробки;
- розробити технологію напівфабрикату «Пюре із квасолі» з оптимальними структурно-механічними властивостями;
- дослідити вплив структуроутворювачів на стабільність frozen vegan products;
- сформувати концепцію асортименту Bean Future Products;
- розробити рецептурний склад та технології інноваційної vegan-продукції на основі зернобобової сировини;
- оцінити органолептичні та функціонально-технологічні властивості розроблених виробів.

1. Smart vegan food tech:

інноваційні технології виробництва рослинної продукції

Сучасний ринок веганської продукції є одним із найбільш динамічних сегментів харчової індустрії. Основний вектор розвитку спрямований на створення продуктів із високою харчовою цінністю, привабливими органолептичними властивостями та максимальною подібністю до традиційної продукції тваринного походження. Провідну роль у цьому процесі відіграють технології текстурування рослинного білка, ферментаційні процеси та функціональні інгредієнти нового покоління¹.

Важливим напрямом розвитку є ферментаційні технології, які дозволяють підвищити засвоюваність білка, знизити вміст антипоживних речовин і покращити смак продукції. Особливу популярність набувають технології виробництва темпе та ферментованих рослинних сирів

¹ Дегтяр В. В., Радченко А. Є., Гринченко Н. Г., Гринченко О. О. Технологічні та економічні аспекти використання зернобобових у харчових технологіях : мініюгляд. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. Т. 31. № 4. С. 896–906. DOI: 10.15421/jchemtech.v31i4.290810.

із використанням молочнокислих бактерій і грибів роду *Rhizopus*. Перспективним напрямом також є *precision fermentation* – отримання функціональних білків за допомогою рекомбінантних мікроорганізмів².

У сегменті рослинного молока найбільш інноваційними вважаються технології ензиматичної модифікації, мікрофлюїдизації та ультразвукової обробки. Саме вони забезпечують стабільність емульсії, кремову текстуру та покращені органолептичні характеристики готового продукту. Найбільш перспективними видами рослинного молока вважаються вівсяне та горохове, що поєднують функціональність, доступність сировини та збалансований склад³.

Окрему роль у розвитку *vegan food tech* відіграють нові функціональні інгредієнти. Аквафаба використовується як ефективний замітник яєчного білка у збивних десертах, метилцелюлоза забезпечує соковитість аналогів м'яса, а інулін і FOS застосовуються як жирові замітники та пребіотики. Поєднання цих інгредієнтів дозволяє створювати продукцію з високими споживчими властивостями без використання компонентів тваринного походження⁴.

Перспективним напрямом сучасної індустрії є 3D-друк харчових продуктів, який відкриває можливість створення персоналізованих веганських виробів із заданою текстурою, формою та нутрієнтним складом. Такі технології формують основу концепції персоналізованого харчування та *sustainable food systems*. Основний вектор розвитку спрямований на створення продуктів із високою харчовою цінністю, привабливими органолептичними властивостями та максимальною подібністю до традиційної продукції тваринного походження. Провідну роль у цьому процесі відіграють технології текстурування рослинного білка, ферментаційні процеси та функціональні інгредієнти нового покоління⁵.

На рис. 1 представлено основні напрями розвитку сучасних технологій *vegan food tech*.

Аналіз сучасних досліджень свідчить, що найбільш інтенсивно розвиваються технології формування текстури рослинних аналогів м'яса.

² Dhungana S. K., Yoon J. A. Fermented soybean products and their bioactive compounds. *Foods*. 2020. Vol. 9. No. 11. Article 1600. DOI: 10.3390/foods9111600.

³ Tobin C., Ratel S., Ndiaye T. et al. Fermentation for designing innovative plant-based meat and dairy alternatives. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 5. Article 1005. DOI: 10.3390/foods12051005.

⁴ Гринченко О. О., Дегтяр В. В., Радченко А. Є., Пак А. О., Сметанська І., Перцевой Ф. В. Дослідження впливу гідротермічної обробки зернобобових на накопичення сухих речовин в аквафабі. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2024. Т. 5. № 11 (131). С. 51–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313890.

⁵ Dick A., Bhandari B., Prakash S. 3D printing of plant-based meat analogues. *Journal of Food Engineering*. 2019. Vol. 259. P. 68–77. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.04.018.

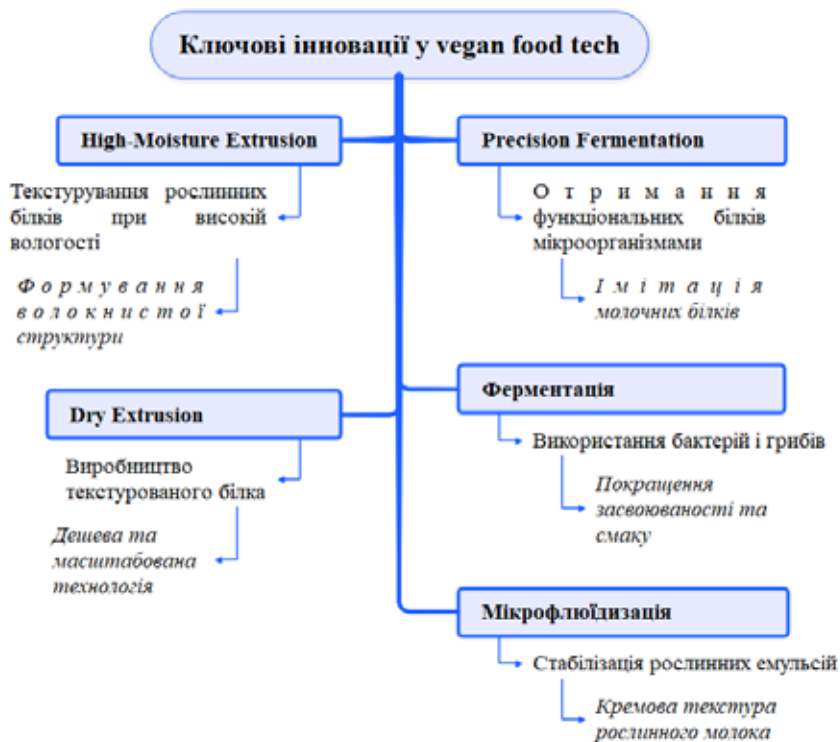


Рис. 1. Ключові напрями розвитку vegan food tech

Особливого поширення набули high-moisture extrusion та dry extrusion, які дозволяють створювати волокнисту структуру, максимально наближену до м'язових волокон м'яса. Використання соєвого та горохового білка забезпечує високу харчову цінність і стабільні функціонально-технологічні властивості продукції⁶.

Важливим напрямом розвитку є ферментаційні технології, які дозволяють підвищити засвоюваність білка, знизити вміст антипоживних речовин і покращити смак продукції. Особливу популярність набувають технології виробництва темпе та ферментованих рослинних сирів із використанням молочнокислих бактерій і грибів роду *Rhizopus*. Перспективним напрямом також

⁶ Gupta C., Dhawan A., Kaur P. et al. Chickpea protein as sustainable plant-based protein: properties and applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Vol. 101. No. 8. P. 3031–3043. DOI: 10.1002/jsfa.10930.

є precision fermentation – отримання функціональних білків за допомогою рекомбінантних мікроорганізмів⁷.

Ферментація є одним із найперспективніших напрямів сучасного vegan food tech, оскільки дозволяє не лише покращити органолептичні характеристики продукції, але і суттєво підвищити її біологічну цінність. Особливо актуальним є використання молочнокислих бактерій у виробництві альтернатив молочним продуктам та ферментованих бобових виробів.

У сегменті рослинного молока найбільш інноваційними вважаються технології ензиматичної модифікації, мікрофлюїдизації та ультразвукової обробки. Саме вони забезпечують стабільність емульсії, кремову текстуру та покращені органолептичні характеристики готового продукту. Найбільш перспективними видами рослинного молока вважаються вівсяне та горохове, що поєднують функціональність, доступність сировини та збалансований склад⁸.

Використання сучасних методів обробки дозволяє підвищити стабільність рослинних напоїв під час зберігання, покращити кремовість та усунути характерний «бобовий» присмак. Саме тому рослинне молоко є одним із найбільш комерційно перспективних напрямів розвитку веганської індустрії.

На рис. 2 наведено характеристику перспективних джерел рослинного білка, які найбільш активно використовуються у сучасних технологіях виробництва веганської продукції.

Аналіз рис. 2 свідчить, що кожне джерело рослинного білка характеризується власними функціонально-технологічними перевагами та сферою практичного застосування. Соевий ізолят відзначається повноцінним амінокислотним складом, що дозволяє широко використовувати його у виробництві аналогів м'яса та рослинного молока. Гороховий білок має нейтральний смак і добрі текстурні властивості, тому активно застосовується у виробництві бургерів, рослинних напоїв та напівфабрикатів⁹.

Сейтан характеризується вираженою волокнистою структурою, максимально наближеною до м'язових волокон м'яса, що робить його

⁷ Kyriakopoulou K., Dekkers B., van der Goot A. J. Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*. 2019. Vol. 8. No. 6. Article 179. DOI: 10.3390/foods8060179.

⁸ Li Z., Dhital S., Bhattarai R. R. et al. Ultrasound processing of oat milk: impacts on physical properties and in vitro digestion. *Food & Function*. 2020. Vol. 11. No. 5. P. 4157–4167. DOI: 10.1039/D0FO00449A.

⁹ Bulgaru V., Sensoy I., Netreba N. et al. Qualitative and antioxidant evaluation of high-moisture plant-based meat analogs obtained by extrusion. *Foods*. 2025. Vol. 14. No. 17. Article 2939. DOI: 10.3390/foods14172939.



Рис. 2. Перспективні джерела рослинного білка

одним із найбільш перспективних інгредієнтів для створення рослинних аналогів м'ясної продукції. Конопляний білок є джерелом омега-3 та омега-6 жирних кислот, завдяки чому використовується у виробництві функціональних продуктів оздоровчого призначення. Спіруліна вирізняється високою біологічною цінністю та значним вмістом білка, вітамінів і мікроелементів, тому широко застосовується у виробництві суперфудів та харчових добавок¹⁰.

У таблиці 1 наведено характеристику функціональних інгредієнтів нового покоління, які використовуються у сучасних технологіях *vegan food tech*.

Аналіз таблиці 1 свідчить, що найбільш універсальними функціональними інгредієнтами є аквафаба, ксантанова камедь та насіння чіа, які поєднують структуроутворюючі та стабілізаційні властивості. Їх використання дозволяє формувати пластичну консистенцію, утримувати вологу та забезпечувати стабільність харчових систем під час термічної обробки або заморожування.

Встановлено, що функціональні інгредієнти нового покоління не лише покращують технологічні характеристики продукції, але й підвищують її функціональну цінність. Зокрема, інулін та FOS забезпечують пребіотичний ефект, насіння чіа та льону є джерелом омега-3 жирних

¹⁰ Valdivia-López M. Á., Tecante A. Chia (*Salvia hispanica*): a review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2015. Vol. 75. P. 53–75. DOI: 10.1016/bs.afnr.2015.06.002.

Таблиця 1

Функціональні інгредієнти нового покоління

Функціональний інгредієнт	Функціональна характеристика	Технологічна роль у продукції	Практичне використання у Bean Future Products
1	2	3	4
Аквафаба	Натуральний заміник яєчного білка, джерело розчинних білків та сапонінів	Формування стабільної піни, емульгування, утримання вологи	Vegan-десерти, муси, креми, хумуси, збивні системи
Метилцелюлоза	Гідроколоїдний структуроутворювач	Формування соковитої текстури та стабілізація структури під час нагрівання	Аналоги м'ясної продукції, рослинні котлети, vegan burger systems
Трансглютаміназа	Ферментативне «зшивання» білкових структур	Підвищення пружності, пластичності та стабільності текстури	Структуровані білкові напівфабрикати, vegan meat alternatives
Інулін та FOS	Пребіотичні харчові волокна	Формування кремової консистенції, часткова заміна жиру	Соуси, креми, десерти, рослинні dairy alternatives
Насіння чіа	Джерело омега-3, білка та слизових полісахаридів	Гелеутворення, зв'язування вологи, стабілізація структури тіста	Vegan bakery products, десерти, функціональне печиво
Насіння льону	Натуральний заміник яйця та джерело харчових волокон	Підвищення в'язкості, формування еластичної структури	Хлібобулочні вироби, vegan dough systems
Ксантанова камедь	Стабілізатор та вологоутримувач	Підвищення стабільності структури після заморожування та термообробки	Frozen vegan products, фалафель, structured food systems
Окара	Високобілковий сосвий напівфабрикат	Підвищення соковитості та структурної стабільності	Frozen falafel products, vegan meat systems

1	2	3	4
Місо-паста	Ферментований функціональний інгредієнт	Формування umami-смаку та збагачення пробіотичними компонентами	Хумуси, соуси, savory vegan products
Заатар	Пряна функціональна суміш із високим вмістом антиоксидантів	Формування сучасного гастрономічного профілю та аромату	Vegan snack products, street food systems

кислот, а місо-паста формує природний umami-смак без використання синтетичних підсилювачів смаку.

Отже, сучасні технології vegan food tech спрямовані на створення високоякісної рослинної продукції з покращеними органолептичними та функціональними властивостями. Найбільш перспективними напрямками є ферментаційні технології, precision fermentation, виробництво рослинного молока та використання функціональних інгредієнтів нового покоління. Інноваційні технології забезпечують не лише високу харчову цінність продукції, але й формують основу сталого розвитку харчової індустрії майбутнього.

2. Bean Future food tech: технології, структура та інновації веганських продуктів нового покоління

2.1. Наукове обґрунтування Bean Future сировини

Зернобобові культури є базовою сировиною у технології сучасної веганської продукції завдяки високому вмісту рослинного білка, складних вуглеводів та харчових волокон. Для розроблення Bean Future продуктів проведено комплексне дослідження органолептичних, фізико-хімічних та технологічних властивостей різних сортів квасолі¹¹.

Перед таблицею 2 наведено основні критерії вибору зернобобової сировини для технологій Bean Future Food Tech. Саме ці показники визначають перспективність використання бобових культур у виробництві веганської продукції нового покоління та впливають на структурно-механічні, органолептичні й функціонально-технологічні властивості готових виробів.

¹¹ Hrynchenko O., Radchenko A., Dehtiar V., Grynchenko N., Serik M. Development of technology for food products with emulsion structure based on pea groats and pea aquafaba. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 1. No. 11 (133). P. 51–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323339.

Таблиця 2

**Науково-технологічні критерії вибору зернобобової сировини
для концепції Bean Future Food Tech**

Критерій оцінювання сировини	Технологічні характеристики	Вплив на якість готової продукції	Практичне значення у Bean Future Products
Високий вміст білка	Значний вміст легкозасвоюваних рослинних білків та амінокислот	Формування високої харчової та біологічної цінності продукції	Використання у vegan meat systems, bakery та snack products
Збалансований амінокислотний склад	Наявність незамінних амінокислот та висока біологічна цінність білка	Підвищення функціональної цінності рослинних продуктів	Формування альтернатив традиційним білковим продуктам
Нейтральний смак та аромат	Відсутність вираженого «бобового» присмаку та сторонніх ароматів	Покращення органолептичного сприйняття продукції	Універсальність використання у десертних та гастрономічних виробках
Висока здатність до набухання	Інтенсивне вологопоглинання та швидка гідратація зерна	Скорочення тривалості гідротермічної обробки	Оптимізація технологічного процесу виробництва
Пластична консистенція після термообробки	Здатність формувати однорідну пастоподібну структуру	Формування стабільної текстури напівфабрикатів	Виробництво пюре, хумусів, структурованих систем
Стабільність структури після подрібнення	Збереження однорідності та дисперсності системи	Запобігання розшаруванню та виділенню вологи	Створення кремоподібних та frozen vegan products
Світлий колір сировини	Відсутність інтенсивного природного пігментування	Покращення зовнішнього вигляду та кольору виробів	Використання у bakery products, десертах та хумусах
Високий вміст харчових волокон	Значний вміст клітковини та пребіотичних компонентів	Підвищення функціональної цінності та покращення травлення	Розроблення healthy food та functional food products

Аналіз таблиці 2 свідчить, що найбільш важливими характеристиками Bean Future сировини є високий вміст рослинного білка, здатність до інтенсивного набухання та формування стабільної пластичної структури після термічної обробки. Саме ці показники забезпечують ефективне структуроутворення та стабільність текстури готових виробів.

Особливого значення у технологіях vegan food набувають нейтральні органолептичні властивості сировини, оскільки відсутність вираженого

«бобового» присмаку дозволяє використовувати зернобобові культури у широкому асортименті продукції – від десертів і bakery products до savory vegan systems та frozen convenience products.

Встановлено, що технологічна універсальність та сумісність із clean label технологіями є ключовими критеріями сучасної vegan food індустрії, оскільки дозволяють створювати функціональну продукцію з натуральним складом, високою харчовою цінністю та конкурентоспроможними споживчими властивостями.

У таблиці 3 наведено результати порівняльного аналізу хімічного складу квасолі сортів «Мавка» та «Неві», які були вибрані як перспективна сировина для технологій Bean Future Food Tech. Дослідження нутрієнтного складу дозволяє оцінити функціонально-технологічний потенціал зернобобової сировини та обґрунтувати доцільність її використання у виробництві vegan-продукції нового покоління.

Аналіз таблиці 3 свідчить, що обидва сорти квасолі характеризуються високою харчовою цінністю та значним вмістом рослинного білка. Сорт «Мавка» відзначається підвищеним вмістом загального білка та глобулінових фракцій, що позитивно впливає на формування стабільної структури білкових систем і забезпечує високі структуроутворюючі властивості напівфабрикатів.

Сорт «Неві» характеризується вищим вмістом харчових волокон, клітковини та крохмалю, що сприяє підвищенню водоутримувальної здатності, пластичності та функціональної цінності готової продукції. Підвищений вміст редукуючих цукрів у сорту «Неві» також сприяє формуванню більш вираженого золотистого кольору під час термічної обробки виробів.

Встановлено, що поєднання високого вмісту білка, харчових волокон та добрих структурно-механічних властивостей робить сорти «Мавка» та «Неві» перспективною сировиною для виробництва функціональних vegan-продуктів, зокрема bakery products, frozen convenience products, snack systems та рослинних білкових напівфабрикатів.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання квасолі сортів «Мавка» та «Неві» у концепції Bean Future Food Tech як високофункціональної рослинної сировини для створення інноваційної продукції нового покоління.

2.2. Smart Bean Processing: технологія бобових напівфабрикатів

Одним із ключових етапів Bean Future Food Tech є розроблення раціональних параметрів гідротермічної обробки бобових культур. Процеси замочування та варіння істотно впливають на структуру,

Таблиця 3

**Порівняльна нутрієнтно-технологічна характеристика квасолі сортів
«Мавка» та «Неві» у Bean Future Food Tech**

Нутрієнтний показник	Показники (г/г) в 100 г квасолі сортів:		Технологічне значення у vegan food
	«Мавка»	«Неві»	
Білки, усього	29,2	25,8	Формування високої харчової та біологічної цінності продукції
Альбуміни	11,9	11,2	Підвищення розчинності білкових систем та емульгувальних властивостей
Глобуліни	13,7	10,55	Формування структури білкових напівфабрикатів та текстурованих систем
Глютеліни	3,6	4,05	Підвищення пластичності та стабільності структури після термообробки
Жири	1,58	1,67	Формування м'якості текстури та покращення смакових характеристик
Вуглеводи, усього	71,93	78,01	Забезпечення енергетичної цінності та структуроутворення
Редукуючі цукри	4,58	6,05	Участь у реакціях меланоїдиноутворення під час термообробки
Крохмаль	45,0	47,24	Формування в'язкості та стабільної консистенції напівфабрикатів
Харчові волокна	17,2	19,24	Підвищення функціональної цінності та пребіотичних властивостей
Клітковина	5,15	5,48	Покращення водоутримувальної здатності та текстури виробів
Зола	3,75	3,7	Характеризує мінеральний склад і біологічну цінність сировини

швидкість набухання та подальші функціонально-технологічні властивості напівфабрикатів.

Перед проведенням досліджень кінетики набухання квасолі було обґрунтовано вибір середовищ замочування, оскільки саме фізико-хімічні властивості рідини визначають інтенсивність вологопоглинання, ступінь гідратації білків і полісахаридів, а також тривалість подальшої гідротермічної обробки бобової сировини. Для досліджень було вибрано три різні середовища: воду, розчин бікарбонату натрію та молочну

сироватку, які відрізняються рівнем рН і механізмом впливу на структуру насіннєвої оболонки квасолі.

Замочування у воді використовували як контрольне середовище, оскільки традиційна технологія підготовки зернобобових культур передбачає саме водну гідратацію. Дослідження у воді дозволяють оцінити природну здатність квасолі до набухання без впливу додаткових хімічних або біохімічних чинників. Крім того, вода є універсальним середовищем для визначення базових кінетичних закономірностей процесу вологопоглинання.

Розчин бікарбонату натрію використовували з метою дослідження впливу лужного середовища на процес набухання зернобобових. Відомо, що лужне середовище сприяє частковому руйнуванню пектинових речовин і геміцелюлоз насіннєвої оболонки, унаслідок чого підвищується проникність клітинних структур для вологи. Це дозволяє інтенсифікувати процес гідратації, скоротити тривалість замочування та зменшити час подальшої теплової обробки. Використання бікарбонату натрію також сприяє пом'якшенню структури бобів і формуванню більш пластичної консистенції напівфабрикату.

Молочну сироватку застосовували як кисле середовище з метою оцінки впливу органічних кислот та молочнокислих компонентів на кінетику набухання квасолі. Сироватка містить лактозу, мінеральні речовини та білкові компоненти, які можуть змінювати швидкість вологопоглинання та впливати на структурно-механічні властивості зерна. Дослідження у сироватці дозволили оцінити поведінку бобової сировини в умовах кислого середовища та визначити можливість використання вторинної молочної сировини у технологіях функціональних напівфабрикатів.

На рис. 3 наведено результати дослідження кінетики набухання квасолі залежно від температури, типу насіннєвої оболонки та середовища замочування. Аналіз кінетичних кривих дозволяє оцінити інтенсивність вологопоглинання, швидкість набухання та вплив фізико-хімічних чинників на процес гідратації зернобобової сировини.

Аналіз рис. 3 свідчить, що зі збільшенням температури замочування від 20 до 60 °C інтенсивність набухання квасолі суттєво зростає. Найвищий ступінь набухання спостерігається за температури 60 °C, що пояснюється прискоренням дифузії вологи крізь насіннєву оболонку. Для зразків із товстою оболонкою характерне більш повільне вологопоглинання, особливо на початкових етапах процесу. Максимальна швидкість набухання спостерігається у перші 40–60 хв замочування, після чого процес поступово стабілізується.

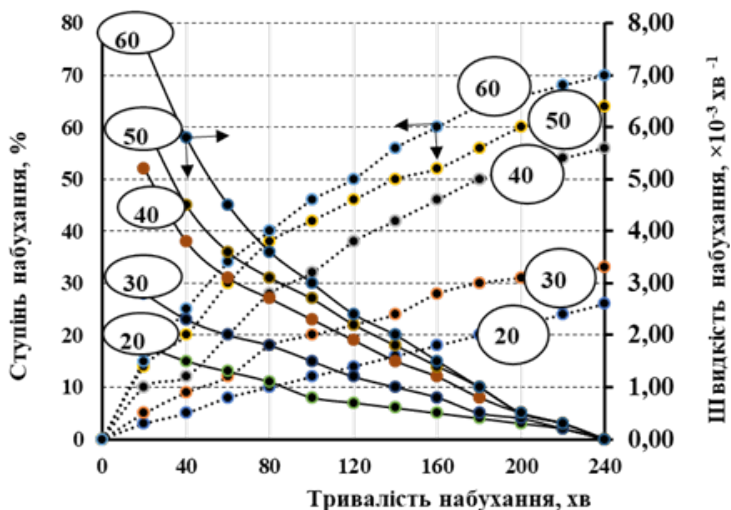


Рис. 3. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Неві» у воді за різних значень температури

На рис. 4 наведено результати дослідження кінетики набухання квасолі з тонкою насіннєвою оболонкою у водному середовищі.

Як видно з рис. 4, квасоля з тонкою насіннєвою оболонкою характеризується більш інтенсивним вологопоглинанням порівняно зі зразками з товстою оболонкою. Уже в перші 60 хвилин процесу спостерігається активне зростання ступеня набухання. Найбільша швидкість набухання характерна для температури 60 °C, де показники ступеня набухання перевищують аналогічні значення для товстооболонкових сортів. Отримані результати підтверджують, що товщина оболонки є одним із визначальних факторів кінетики гідратації бобових культур.

На рис. 5 наведено результати дослідження процесу набухання квасолі у лужному середовищі – розчині бікарбонату натрію.

Аналіз рис. 5 показує, що використання лужного середовища суттєво інтенсифікує процес набухання квасолі. У розчині бікарбонату натрію відбувається пом'якшення насіннєвої оболонки, що сприяє активнішому проникненню води у внутрішню структуру зерна. Найбільший ступінь набухання спостерігається за температури 60 °C.

На рис. 5 наведено результати дослідження процесу набухання квасолі у лужному середовищі – розчині бікарбонату натрію.

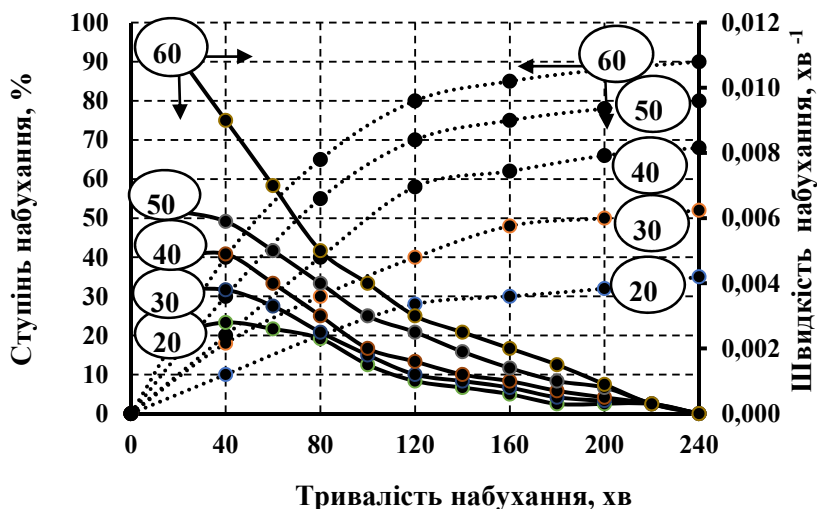


Рис. 4. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Мавка» у воді за різних значень температури

Аналіз рис. 5 показує, що використання лужного середовища суттєво інтенсифікує процес набухання квасолі. У розчині бікарбонату натрію відбувається пом'якшення насінневої оболонки, що сприяє активнішому проникненню води у внутрішню структуру зерна. Найбільший ступінь набухання спостерігається за температури 60 °С.

На рис. 6 наведено результати дослідження кінетики набухання квасолі з тонкою оболонкою у лужному середовищі.

Результати, наведені на рис. 6, свідчать про максимально інтенсивне набухання серед усіх досліджуваних варіантів. Поєднання тонкої насінневої оболонки та лужного середовища забезпечує найвищу швидкість гідратації й активне вологопоглинання вже на початкових етапах замочування. За температури 60 °С ступінь набухання досягає максимальних значень, що підтверджує ефективність використання розчину бікарбонату натрію у технології підготовки бобових напівфабрикатів.

На рис. 7 наведено результати дослідження набухання квасолі у молочній сироватці.

З рис. 7 видно, що кисле середовище молочної сироватки уповільнює процес набухання порівняно з водою та лужним середовищем. Для зразків із товстою оболонкою характерне менш інтенсивне поглинання води, особливо у разі температур 20–40 °С. Водночас підвищення температури

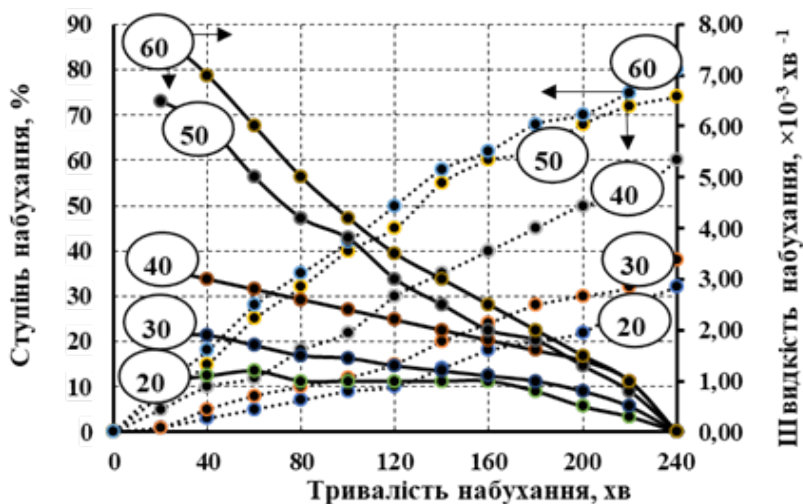


Рис. 5. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Неві» в бікарбонаті натрія (соді) за різних значень температури

до 60°C частково компенсує вплив кислого середовища та забезпечує більш активне набухання зерна.

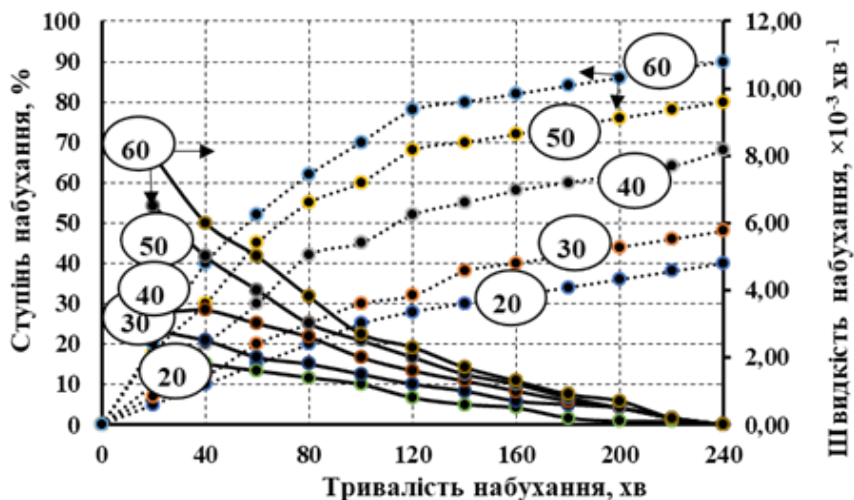


Рис. 6. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Мавка» в бікарбонаті натрія (соді) за різних значень температури

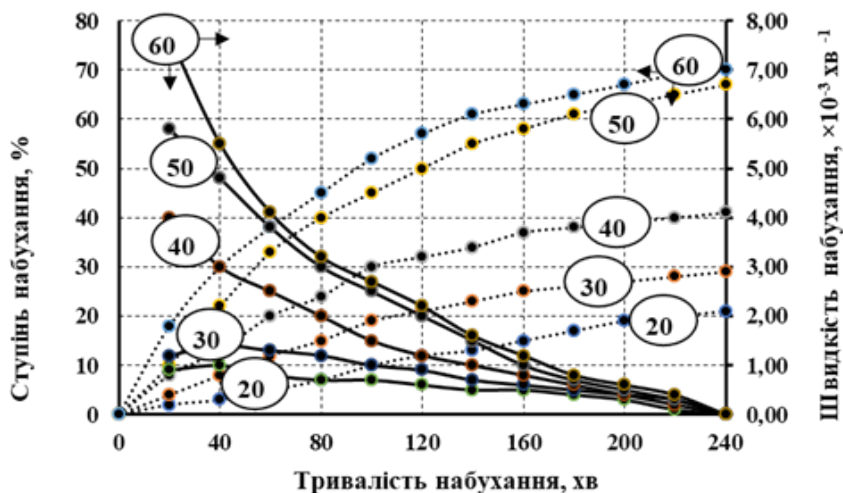


Рис. 7. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Неві» в кислому середовищі за різних значень температури

На рис. 8 наведено результати дослідження кінетики набухання квасолі з тонкою насінневою оболонкою у сироватці.

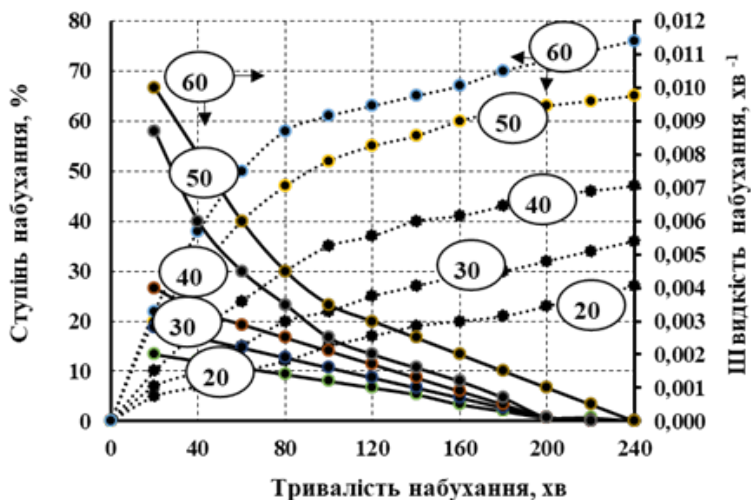


Рис. 8. Кінетичні криві набухання квасолі сорту «Мавка» в кислому середовищі за різних значень температури

Аналіз рис. 8 підтверджує, що навіть у кислому середовищі квасоля з тонкою оболонкою набухає інтенсивніше порівняно з товстооболонковими сортами. Найбільший ступінь набухання спостерігається за температури 60 °С, проте загальна швидкість процесу є нижчою, ніж у лужному середовищі. Отримані результати свідчать, що рН середовища суттєво впливає на проникнення води у структуру зерна та визначає кінетику процесу гідратації.

Комплексний аналіз кінетичних кривих набухання підтверджує, що найбільш ефективними умовами замочування квасолі є лужне середовище та температура 60 °С. Встановлено, що тонка насіннева оболонка забезпечує більш інтенсивне вологопоглинання і прискорює досягнення кулінарної готовності зернобобової сировини. Отримані результати стали основою для розроблення технології Smart Bean Processing у виробництві веганських продуктів нового покоління.

У таблиці 4 наведено раціональні параметри технології виробництва напівфабрикату «Пюре із квасолі», встановлені на основі дослідження процесів гідратації, гідротермічної обробки та структуроутворення зернобобової сировини.

Аналіз таблиці 4 свідчить, що найбільш важливим етапом технології є процес замочування у 0,2% розчині бікарбонату натрію за температури 60°C. Використання лужного середовища сприяє пом'якшенню насінневої оболонки, прискоренню проникнення води у структуру зерна та скороченню тривалості подальшої теплової обробки.

Встановлено, що варіння квасолі при гідромодулі 1:3 упродовж 45 хвилин забезпечує повне розм'якшення зерна та формування пластичної структури, придатної для отримання однорідного пюре. Подальше протирання через отвори діаметром 0,6–0,8 мм дозволяє сформувати дрібнодисперсну систему з високими структурно-механічними характеристиками.

Заключний етап охолодження до температури 4–8 °С забезпечує стабілізацію консистенції напівфабрикату та підвищує його технологічну придатність для використання у bakery products, vegan snacks, frozen convenience products та інших системах Bean Future Food Tech.

2.3. CryoBean Structure Tech:

стабілізація та структуроутворення заморожених веган-продуктів

Однією з ключових проблем сучасної vegan food індустрії є забезпечення стабільності структури рослинних напівфабрикатів під час циклів «заморожування – термічна обробка». Особливо це стосується фалафелю та інших структурованих виробів на основі бобових культур,

Таблиця 4

**Рациональні технологічні параметри виробництва напівфабрикату
«Пюре із квасолі» у системі Smart Bean Processing**

Етап технологічного процесу	Технологічні параметри	Функціонально-технологічне призначення процесу
Підготовка сировини		
Сепарування квасолі	Видалення механічних домішок та пошкодженого зерна	Забезпечення санітарно-гігієнічної безпечності та однорідності сировини
Промивання	Промивання проточною водою	Видалення пилу, поверхневих забруднень та сторонніх частинок
Гідратация (замочування)		
Середовище замочування	0,2% розчин бікарбонату натрію	Інтенсифікація процесу набухання та пом'якшення насіннєвої оболонки
Гідромодуль	1 : 3 (квасоля : розчин)	Забезпечення достатнього рівня вологопоглинання
Температура замочування	60 ± 2°C	Прискорення дифузії вологи та активація процесу гідрататії
Тривалість замочування	60 хв	Формування пластичної структури зерна та скорочення тривалості варіння
Гідротермічна обробка		
Варіння	У водному середовищі	Деструкція клітинних стінок та пом'якшення структури зерна
Гідромодуль під час варіння	1:3 (квасоля : вода)	Забезпечення рівномірної теплової обробки
Тривалість варіння	45 хв	Досягнення кулінарної готовності та формування пластичної консистенції
Видалення варильного середовища	Відкидання на сито	Регулювання вологості та попередження розрідження системи
Механічне подрібнення		
Протирання	Діаметр отворів 0,6–0,8 мм	Формування однорідної дрібнодисперсної структури пюре
Стабілізація структури		
Охолодження	Температура 4–8 °C	Стабілізація консистенції та сповільнення мікробіологічних процесів

які під час смаження можуть втрачати форму, виділяти надлишкову вологу або руйнуватися. У зв'язку з цим актуальним є пошук ефективних структуроутворювачів та стабілізаторів, здатних забезпечити пластичність, соковитість і хрустку текстуру готового продукту.

На рис. 9 наведено результати дослідження зміни об'єму соєвих бобів під час замочування, що проводилось з метою визначення раціональної тривалості гідратації для одержання напівфабрикату «Окара». Процес замочування є одним із ключових етапів технології, оскільки саме він впливає на ступінь набухання білків і полісахаридів, подальшу здатність бобів до подрібнення та формування однорідної пластичної структури.

Аналіз рис. 9 свідчить, що в процесі замочування відбувається поступове збільшення об'єму соєвих бобів унаслідок активного вологопоглинання. Найбільш інтенсивне набухання спостерігається у перші 6–8 годин замочування, коли об'єм бобів збільшується майже у 1,5 раза порівняно з початковим станом. Надалі швидкість гідратації поступово знижується, а після 10–12 годин процес наближається до стабілізації.

Отримані результати підтверджують, що надмірне збільшення тривалості замочування є недоцільним, оскільки після 12 годин інтенсивність набухання практично не змінюється, водночас можуть зростати втрати водорозчинних білків, мінеральних речовин та вітамінів. Встановлено, що оптимальною тривалістю замочування соєвих бобів є 10 годин, оскільки саме за цих умов формується м'яка, пластична структура зерна, придатна для подальшого подрібнення та отримання однорідного напівфабрикату «Окара».

У межах концепції CryoBean Structure Tech досліджено можливість використання соєвої окари та ксантанової камеді у технології замороженого фалафелю. Встановлено, що окара виконує роль високобілкового

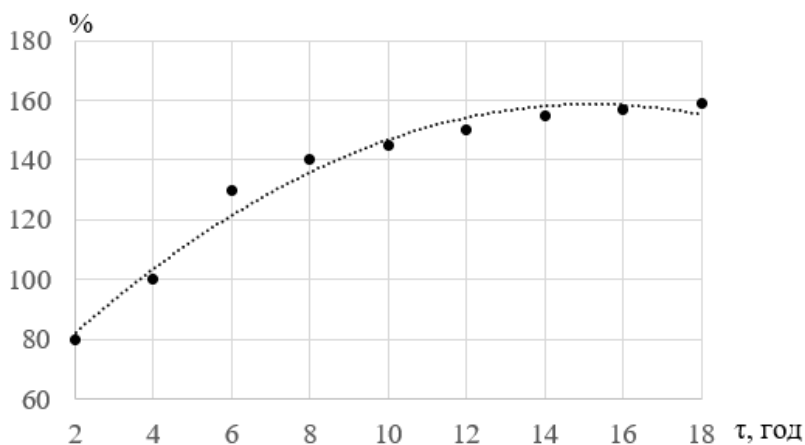


Рис. 9. Зміна об'єму бобів соєвих під час замочування

структуруювача, а ксантанова камедь забезпечує стабілізацію харчової системи під час заморожування та подальшого смаження.

Для оптимізації технології було досліджено параметри замочування соєвих бобів, процес одержання напівфабрикату «Окара» та вплив різних видів камедей на текстурні характеристики фалафелю. Визначено, що оптимальною є тривалість замочування сої 10 годин, яка забезпечує формування однорідної пластичної структури без твердих включень.

Дослідження модельних зразків показали, що найбільш ефективним стабілізатором є ксантанова камедь у концентрації 0,5%, яка забезпечує збереження форми виробів, соковиту консистенцію та хрустку скоринку після циклу «заморожування – смаження» (рис. 10).

Аналіз рис. 10 свідчить, що зразок із вмістом ксантанової камеді 0,4% характеризувався не досить стабільною внутрішньою структурою та підвищеною крихкістю. На розрізі спостерігалася нерівномірна пористість і часткове руйнування структури, що пов'язано з недостатньою вологоутримувальною здатністю системи.

Зразок із концентрацією ксантанової камеді 0,5% мав найбільш однорідну та пластичну структуру. На розрізі спостерігалася рівномірна дрібнопориста текстура, достатня соковитість та відсутність ущільнених ділянок. Саме цей варіант забезпечував оптимальне поєднання хрусткої зовнішньої скоринки та ніжної внутрішньої консистенції.

Для зразка із концентрацією ксантанової камеді 0,6% характерною була більш щільна й ущільнена структура. Незважаючи на добру стабільність форми, надлишковий вміст камеді призводив до зниження ніжності та соковитості виробу, а також формував менш виражену пористість м'якуша.

Отримані результати підтверджують, що використання ксантанової камеді у кількості 0,5% є найбільш раціональним для технології



Рис. 10. Зовнішній вигляд зразків на розрізі після циклу «Заморожування – смаження», без передчасного розморожування

замороженого фалафелю, оскільки забезпечує стабільну структуру, рівномірну текстуру та високі органолептичні показники готового продукту.

3. Bean Future Gastro Innovations: розроблення технологій веганських продуктів нового покоління

3.1. Bean Future Products: розроблення концепції vegan-продукції

Сучасна vegan food індустрія орієнтована на створення інноваційної продукції з високою харчовою цінністю, привабливими органолептичними характеристиками та стабільними структурно-механічними властивостями. У межах концепції Bean Future Food Tech розроблено асортимент сучасних vegan-продуктів нового покоління на основі квасолевих та нутових напівфабрикатів. До асортименту увійшли функціональні десертні, хлібобулочні, снекові та frozen convenience products, зокрема бобове печиво «Velour», хлібобулочний виріб «Bib Roll», «Хрусткі бобові кульки із заатаром», «Крафтовий хумус» та «Фалафель заморожений».

Особливістю розробленої продукції є використання функціональних інгредієнтів нового покоління – насіння чіа, льону, місо-пасти, окарі, ксантанової камеді, пряних сумішей та clean label компонентів. Це дозволяє підвищити харчову й біологічну цінність виробів, сформувавши сучасний гастрономічний профіль та забезпечити відповідність актуальним трендам healthy food, sustainable nutrition і vegan gastro trends. На рис. 11 наведено концепцію асортименту Bean Future Products.

Основною ідеєю концепції є створення функціональних продуктів із високим вмістом рослинного білка, сучасним гастрономічним профілем та покращеними структурно-механічними властивостями. Особлива увага приділяється використанню clean label технологій, функціональних інгредієнтів та sustainable food підходів.

Аналіз рис. 5 свідчить, що концепція Bean Future Products орієнтована на створення інноваційної vegan food продукції із високою функціональною та харчовою цінністю. Основною особливістю асортименту є використання зернобобової сировини як базового структуроутворювача та джерела рослинного білка.

Особливий інтерес становить продукт «Frozen Falafel Bean Future», інноваційність якого полягає у використанні соєвої окарі та ксантанової камеді для стабілізації структури під час заморожування та термічної обробки. Це дозволяє створити frozen convenience product із хрусткою скоринкою, стабільною текстурою та високою соковитістю після смаження.

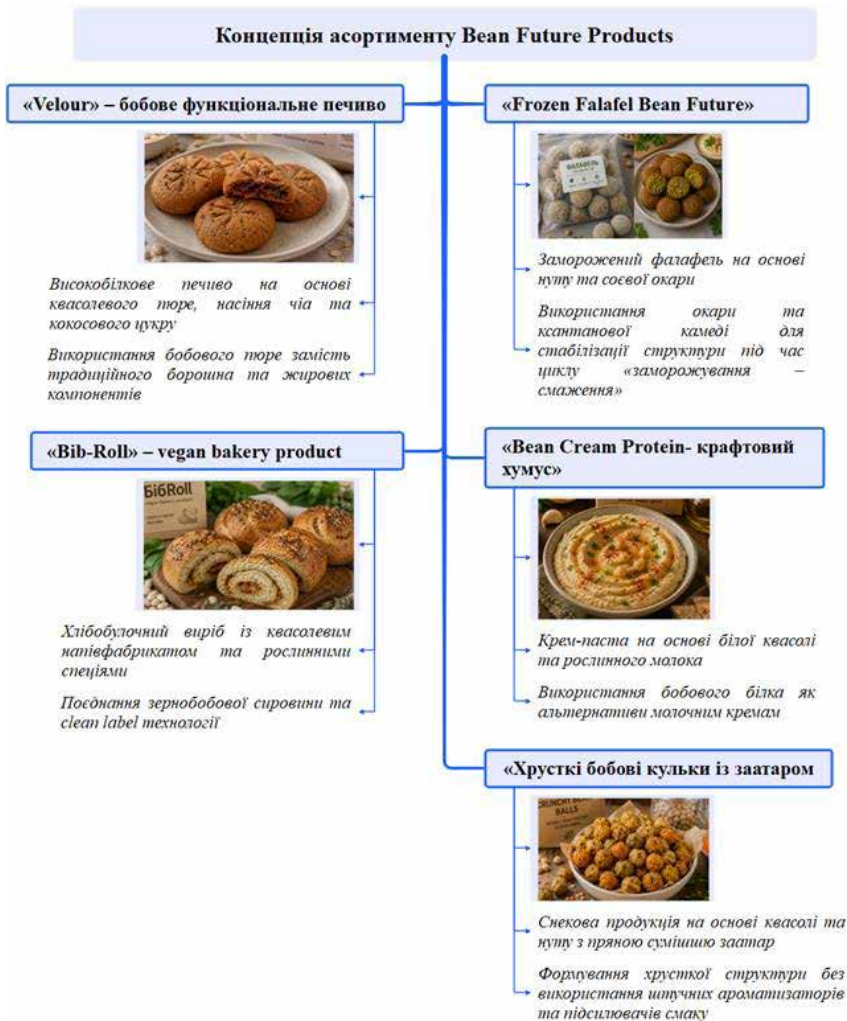


Рис. 11. Концепція асортименту Bean Future Products

Продукт «Velour» є прикладом функціонального vegan dessert/snack продукту, який поєднує високий вміст білка, низький рівень рафінованого цукру та використання натуральних інгредієнтів. Завдяки цьому продукт має перспективи популяризації серед споживачів healthy food та спортивного харчування.

«Хрусткі бобові кульки із заатаром» формують новий напрям *vegan snack products*, орієнтований на сучасні гастрономічні тренди *street food* та *healthy snacks*. Їхньою перевагою є натуральний склад, високий вміст білка та виражений пряний смак без використання синтетичних добавок.

Таким чином, концепція *Bean Future Products* спрямована на створення конкурентоспроможної веганської продукції нового покоління, яка поєднує функціональність, інноваційність та відповідність сучасним тенденціям *sustainable food* і *healthy nutrition*.

3.2. Технологічний процес виробництва печива бобового «Velour»

Печиво «Бобове печиво «Velour»» є інноваційним *vegan dessert* продуктом, розробленим на основі квасолевого пюре, вівсяних пластівців та функціональних інгредієнтів. Особливістю рецептури (табл. 5) є часткова заміна манної крупи вівсяними пластівцями, використання

Таблиця 5

Рецептурний склад печива «Бобове печиво «Velour»»

Найменування сировини та н/ф	Витрата продуктів на 1 порцію, г			
	Печиво традиційне (контроль)		Бобове печиво «Velour» (розробка)	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Тісто				
Борошно пшеничне цільнозернове	10,0	10,0	10,0	10,0
Вівсяні пластівці (швидкого приготування)	–	–	20,0	20,0
Манна крупа	37,5	37,5	8,0	8,0
Квасоля звичайна	–	–	12,0	12,0
Н/ф «Пюре із квасолі»	–	–	–	32,0
Насіння чіа	–	–	3,0	3,0
Олеогель	26,0	26,0	20,0	20,0
Кокосовий цукор	4,0	4,0	4,0	4,0
Сіль морська	0,4	0,4	0,4	0,4
Вода питна	10,0	10,0	3,0	3,0
Дріжджі сухі	0,5	0,5	0,5	0,5
Начинка				
Чорнослив (без кісточок)	10,0	10,0	13,0	10,0
Сік апельсиновий свіжовичавлений	2,0	2,0	3,0	3,0
Кориця мелена	0,1	0,1	0,2	0,2
Кардамон мелений	–	–	0,05	0,05
Маса напівфабрикату	–	100,0	–	100,0
Вихід готової страви	–	88,0	–	91,0

насіння чіа, кокосового цукру, олеогелю, що дозволяє підвищити харчову цінність виробу та знизити його глікемічне навантаження.

Технологічний процес виробництва передбачає підготовку квасолі шляхом замочування у розчині бікарбонату натрію за температури 60 °C протягом 60 хвилин з подальшим варінням до кулінарної готовності та подрібненням до однорідного пюре. Окремо готують жирно-круп'яну суміш на основі олеогелю, вівсяних пластівців і манної крупи, яку витримують за низьких температур для стабілізації структури.

На наступному етапі замішують тісто із використанням квасолевого пюре, цільнозернового борошна, кокосового цукру, насіння чіа та дріжджів. Після розстоювання тісто формують у вигляді коржів із додаванням начинки на основі чорносливу, апельсинового соку, апельсинової цедри та кориці. Напівфабрикати формують у декоративних формах та випікають за температури 230...240 °C протягом 7...10 хвилин.

Готовий виріб характеризується золотистим кольором, крихкою текстурою та ніжною тягучою начинкою з карамельно-пряним ароматом. Використання квасолевого пюре та функціональних інгредієнтів дозволяє створити сучасний vegan-продукт із високою харчовою та органолептичною цінністю.

«Бобове печиво «Velour» характеризується привабливими органолептичними властивостями та сучасним гастрономічним профілем. Зовнішній вигляд виробу – округло-приплюснута форма з чіткою декоративною текстурою поверхні. Поверхня рівномірна, злегка матова, без тріщин, підгорілостей та механічних пошкоджень. Завдяки використанню вівсяних пластівців виріб має виражену натуральну текстуру.

3.3. Технологічний процес виробництва хлібобулочного виробу на основі зернобобових «Bib-Roll»

Хлібобулочний виріб «Bib-Roll» є функціональною vegan-альтернативою традиційній піті, розробленою на основі зернобобової сировини, таблиця 6. Особливістю рецептури є часткова заміна пшеничного борошна нутовим, використання квасолевого пюре та меленого льняного насіння, що дозволяє підвищити вміст рослинного білка, харчових волокон та омега-3 жирних кислот.

Технологічний процес передбачає підготовку борошняної суміші із пшеничного та нутового борошна з додаванням солі, кмину, часникового порошку та меленого льону. Окремо проводять підготовку квасолевого пюре шляхом замочування, варіння та подрібнення квасолі до однорідної консистенції.

Таблиця 6

**Рецептурний склад хлібобулочного виробу на основі зернобобових
«Bib-Roll»**

Найменування сировини та н/ф	Витрата продуктів на 1 порцію, г			
	Піта традиційна (контроль)		«Bib-Roll» (розробка)	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Борошно пшеничне першого гатунку	50,0	50,0	40,0	40,0
Борошно нутове	—	—	10,0	10,0
Дріжджі сухі	0,5	0,5	0,5	0,5
Сіль морська	1,5	1,5	1,0	1,0
Часник (порошок)	—	—	1,0	1,0
Кмин мелений	—	—	0,5	0,5
Насіння льону мелене	—	—	2,0	2,0
Цукор-пісок	1,5	1,5	1,5	1,5
Квасоля звичайна	—	—	8,0	7,5
Н/ф «Квасоля замочена»	—	—	—	12,0
Н/ф «Пюре із квасолі»	—	—	—	25,0
Нут	7,5	7,0	—	—
Н/ф «Нут замочений»	—	14,0	—	—
Н/ф «Пюре із нуту»	—	25,0	—	—
Олія оливкова	3,5	3,5	3,5	3,5
Вода питна	18,0	18,0	16,0	16,0
Маса напівфабрикату	—	100,0	—	100,0
Вихід готової страви	—	90,0	—	93,0

На наступному етапі дріжджі розчиняють у теплій воді та з'єднують із борошняною сумішшю, квасолевим пюре та оливковою олією. Тісто замішують до однорідної еластичної структури та залишають на розстоювання. Після цього формують округлі коржі, проводять повторне розстоювання та випікають за температури 250 °С упродовж 5...6 хвилин.

Готовий виріб характеризується підвищеною харчовою цінністю, м'якою еластичною текстурою та вираженим горіхово-пряним ароматом.

3.4. Технологія процесу виробництва «Хрусткі бобові кульки із заатаром»

«Хрусткі бобові кульки із заатаром» є сучасною vegan-інтерпретацією традиційного фалафелю, розробленою на основі квасолі з використанням функціональних спецій та пряних компонентів. Особливістю рецептури (табл. 7) є використання суміші заатар, куркуми та зеленої цибулі, які

**Рецептурний склад кулінарного виробу
«Хрусткі бобові кульки із заатаром»**

Найменування сировини та н/ф	Витрата продуктів на 1 порцію, г			
	Фалафель традиційний (контроль)		«Хрусткі бобові кульки із заатаром» (розробка)	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Квасоля звичайна	—	—	45,0	42,0
Н/ф «Квасоля замочена»	—	—	—	80,0
Нут	40,0	36,0	—	—
Н/ф «Нут замочений»	—	78,0	—	—
Кмин мелений	3,5	3,5	2,5	2,5
Коріандр мелений	2,5	2,5	2,0	2,0
Суміш заатар	—	—	3,0	3,0
Куркума мелена	—	—	0,5	0,5
Сіль морська	2,0	2,0	2,0	2,0
Часник	3,0	2,0	3,0	2,0
Цибуля зелена	—	—	5,0	4,0
Розпушувач	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода питна	10,5	10,5	6,0	6,0
Маса напівфабрикату	—	100,0	—	100,0
Вихід готової страви	—	95,0	—	95,0

формують насичений ароматичний профіль і підвищують функціональну цінність виробу.

Технологічний процес передбачає підготовку квасолі шляхом замочування у розчині бікарбонату натрію за температури 60 °С протягом 60 хвилин. Після замочування квасоллю без попереднього варіння подрібнюють до грубуватої пастоподібної консистенції.

Окремо готують спецієво-ароматичну суміш із заатару, куркуми, кмину, коріандру, часнику, зеленої цибулі, солі та розпушувача. Отримані компоненти з'єднують із квасолевою масою, додають воду та перемішують до утворення пластичної структури. Підготовлену масу витримують у холодильнику для стабілізації консистенції.

Із готової суміші формують кульки діаметром близько 3 см, після чого їх обсмажують у фритюрі за температури 180...190 °С протягом 3–4 хвилин або запікають в аерофритюрі за 200 °С протягом 12...15 хвилин. Готовий виріб характеризується хрусткою скоринкою, ніжною соковитою серединкою та вираженим пряним ароматом із характерними нотками заатару й куркуми.

3.5. Технологічний процес виробництва «Крафтовий хумус»

«Крафтовий хумус» є сучасним vegan-продуктом на основі білої квасолі з використанням місо-пасти та копченої паприки. Особливістю рецептури (табл. 8) є формування шовковистої кремоподібної текстури та вираженого утаті-смаку без використання компонентів тваринного походження.

Технологічний процес передбачає підготовку квасолі шляхом замочування у розчині бікарбонату натрію за температури 60 °С протягом 60 хвилин з подальшим варінням до кулінарної готовності. Після видалення зайвої рідини квасоллю подрібнюють до однорідного пюре.

На наступному етапі готують жиро-смакову суміш із тахінної пасти, місо-пасти, лимонного соку, часнику, кмину, копченої паприки та спецій. Отримані компоненти з'єднують із квасолевим пюре та збивають у блендері до утворення ніжної кремоподібної консистенції. За необхідності консистенцію регулюють додаванням аквафаби. Готовий хумус оформлюють спіральним візерунком, зрошують оливковою олією

Таблиця 8

Рецептурний склад кулінарного виробу «Крафтовий хумус»

Найменування сировини та н/ф	Витрата продуктів на 1 порцію, г			
	Хумус традиційний (контроль)		«Крафтовий хумус» (розробка)	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Нут	25,0	22,0	–	–
Н/ф «Нут замочений»	–	43,0	–	–
Н/ф «Пюре із нуту»	–	62,0	–	–
Квасоля звичайна	–	–	25,0	23,0
Н/ф «Квасоля замочена»	–	–	–	45,0
Н/ф «Пюре із квасолі»	–	–	–	65,0
Тахінна паста	13,0	13,0	13,0	13,0
Сік лимону свіжий	10,5	10,5	7,0	7,0
Місо-паста (світла)	–	–	3,0	3,0
Сіль морська	2,5	2,5	1,5	1,5
Часник	3,0	2,0	3,0	2,0
Олія оливкова	1,5	1,5	2,0	2,0
Кмин мелений	3,5	3,5	2,0	2,0
Копчена паприка	–	–	2,0	2,0
Червоний перець мелений	3,0	3,0	1,0	1,0
Олія оливкова (подача)	5,5	5,5	5,5	5,5
Мікрозелень (подача)	–	–	3,0	3,0
Вихід готової страви	–	100,0	–	100,0

та декорують мікрозеленню і копченою паприкою. Виріб характеризується ніжною «хмарною» текстурою, вершково-горіховим смаком та легким копченим ароматом.

3.6. Технологічний процес виробництва «Фалафелю замороженого»

Технологічний процес виробництва фалафелю замороженого передбачає підготовку нуту та соєвих бобів шляхом замочування у прохолодній воді впродовж 10–12 годин. Після цього нут варять до повного розм'якшення та подрібнюють до пюреподібної консистенції, а соєві боби подрібнюють із подальшим пресуванням для отримання напівфабрикату «Окара».

На наступному етапі нутове пюре з'єднують із окарою, розчином ксантанової камеді, водою та сумішшю спецій, після чого масу термообробляють і охолоджують. Із підготовленої суміші формують кульки або мінібіточки, які вакуумують та піддають шоковому заморожуванню за температури -24°C із подальшим зберіганням за -18°C . Рецептурний склад фалафелю замороженого наведено в таблиці 9.

Використання окари у рецептурі дозволяє підвищити вміст рослинного білка та харчових волокон, а також покращити вологоутримувальну здатність системи. Ксантанова камедь виконує функцію стабілізатора структури та забезпечує збереження форми виробів після циклу «заморожування – смаження». Важливим етапом технології є вакуумування напівфабрикатів, яке сприяє зменшенню ризику окиснювальних процесів та втрат вологи

Таблиця 9

Рецептурний склад фалафелю замороженого

Найменування рецептурних компонентів	Витрати сировини на 1 кг фалафелю замороженого, г	
	брутто	нетто
Нут	293,0	288,0
н/ф «Пюре з нуту»	–	710,0
н/ф «Окара»	–	150,0
Вода питна	120,0	120,0
Камідь ксантанова	5,0	5,0
Сіль кухонна	21,0	20,0
Перець чорний, мелений	10,0	10,0
Горіх мускатний	3,4	3,4
Зіра	5,0	5,0
Цибуля мелена, суха	16,0	16,0
н/ф «Суміш для фалафелю»	–	1,040
Вихід	–	1000

під час зберігання. Шокове заморожування забезпечує формування дрібнокристалічної структури льоду, що мінімізує пошкодження клітинної структури продукту та дозволяє зберегти текстурні характеристики після дефростації. Використання сучасних сгуо food технологій забезпечує стабільність органолептичних і структурно-механічних властивостей готового продукту впродовж усього терміну зберігання.

Готовий напівфабрикат після термічної обробки характеризується хрусткою скоринкою, соковитою консистенцією та стабільною структурою без деформації після циклу «заморожування – смаження».

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку vegan food tech та встановлено, що найбільш перспективними напрямками є технології текстурування рослинного білка, precision fermentation, clean label технології та використання функціональних інгредієнтів нового покоління.

2. Науково обгрунтовано вибір зернобобової сировини для технологій Bean Future Products. Встановлено, що сорти квасолі «Мавка» та «Неві» характеризуються високою харчовою цінністю, добрими функціонально-технологічними властивостями та перспективністю використання у vegan food продуктах.

3. Досліджено процеси набухання квасолі у воді, розчині бікарбонату натрію та молочній сироватці. Встановлено, що найбільш інтенсивне набухання спостерігається у лужному середовищі за температури 60 °С, що дозволяє скоротити тривалість гідротермічної обробки та покращити пластичність напівфабрикатів.

4. Розроблено технологію напівфабрикату «Пюре із квасолі» із використанням раціональних режимів замочування, варіння та подрібнення. Встановлено, що запропоновані технологічні параметри забезпечують формування однорідної дрібнодисперсної структури та стабільної консистенції.

5. Досліджено вплив структуроутворювачів на стабільність frozen vegan products. Доведено, що використання ксантанової камеді у концентрації 0,5% забезпечує оптимальні текстурні характеристики, стабільність форми та високу соковитість замороженого фалафелю після термічної обробки.

6. Сформовано концепцію асортименту Bean Future Products, що включає десертні, хлібобулочні, снекові та frozen convenience продукти на основі зернобобової сировини та clean label технологій.

7. Розроблено технології інноваційної vegan-продукції: бобового печива «Velour», хлібобулочного виробу «BibRoll», «Хрустких

бобових кульок із заатаром», «Крафтового хумусу» та «Фалафелью замороженого». Встановлено, що використання функціональних інгредієнтів нового покоління дозволяє підвищити харчову й біологічну цінність продукції.

8. Оцінено органолептичні та функціонально-технологічні властивості розроблених виробів. Встановлено, що всі продукти характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, стабільною текстурою, гармонійним смаком та високими споживчими властивостями, що підтверджує перспективність використання концепції Bean Future Food Tech у сучасній vegan food індустрії.

АНОТАЦІЯ

У монографії досліджено сучасні тенденції розвитку vegan food tech та науково обґрунтовано перспективність використання зернобобової сировини у технологіях веганської продукції нового покоління. Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення функціональних рослинних продуктів із високою харчовою цінністю, стабільними структурно-механічними властивостями та привабливими органолептичними характеристиками. Особливу увагу приділено проблемі оптимізації процесів гідротермічної обробки квасолі та формування сучасного асортименту Bean Future Products. Проведено дослідження кінетики набухання квасолі у воді, розчині бікарбонату натрію та молочної сироватці, що дозволило встановити раціональні параметри замочування і варіння бобової сировини. Визначено, що найбільш ефективним середовищем для гідратації є 0,2% розчин бікарбонату натрію за температури 60°C. Розроблено технологію напівфабрикату «Пюре із квасолі» та асортимент інноваційної vegan-продукції, до якого увійшли бобове печиво «Velour», хлібобулочний виріб «BibRoll», «Хрусткі бобові кульки із заатаром», «Крафтовий хумус» та «Фалафель заморожений». Встановлено, що використання функціональних інгредієнтів нового покоління – насіння чіа, льону, місо-пасти, окари та ксантанової камеді – забезпечує покращення органолептичних та структурно-механічних властивостей продукції. Отримані результати підтверджують перспективність використання концепції Bean Future Food Tech у виробництві функціональних веганських продуктів нового покоління.

Література

1. Дегтяр В. В., Радченко А. Є., Гринченко Н. Г., Гринченко О. О. Технологічні та економічні аспекти використання зернобобових у харчових технологіях: мініогляд. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. Т. 31. № 4. С. 896–906. DOI: 10.15421/jchemtech.v31i4.290810.
2. Dhungana S. K., Yoon J. A. Fermented soybean products and their bioactive compounds. *Foods*. 2020. Vol. 9. No. 11. Article 1600. DOI: 10.3390/foods9111600.
3. Tobin C., Ratel S., Ndiaye T. et al. Fermentation for designing innovative plant-based meat and dairy alternatives. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 5. Article 1005. DOI: 10.3390/foods12051005.
4. Гринченко О. О., Дегтяр В. В., Радченко А. Є., Пак А. О., Сметанська І., Перцевой Ф. В. Дослідження впливу гідротермічної обробки зернобобових на накопичення сухих речовин в аквафабі. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2024. Т. 5. № 11 (131). С. 51–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313890.
5. Dick A., Bhandari B., Prakash S. 3D printing of plant-based meat analogues. *Journal of Food Engineering*. 2019. Vol. 259. P. 68–77. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.04.018.
6. Gupta C., Dhawan A., Kaur P. et al. Chickpea protein as sustainable plant-based protein: properties and applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Vol. 101. No. 8. P. 3031–3043. DOI: 10.1002/jsfa.10930.
7. Kyriakopoulou K., Dekkers B., van der Goot A. J. Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*. 2019. Vol. 8. No. 6. Article 179. DOI: 10.3390/foods8060179.
8. Li Z., Dhital S., Bhattarai R. R. et al. Ultrasound processing of oat milk: impacts on physical properties and in vitro digestion. *Food & Function*. 2020. Vol. 11. No. 5. P. 4157–4167. DOI: 10.1039/D0FO00449A.
9. Bulgaru V., Sensoy I., Netreba N. et al. Qualitative and antioxidant evaluation of high-moisture plant-based meat analogs obtained by extrusion. *Foods*. 2025. Vol. 14. No. 17. Article 2939. DOI: 10.3390/foods14172939.
10. Valdivia-López M. Á., Tecante A. Chia (*Salvia hispanica*): a review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2015. Vol. 75. P. 53–75. DOI: 10.1016/bs.afnr.2015.06.002.

11. Hrynchenko O., Radchenko A., Dehtiar V., Grynchenko N., Serik M. Development of technology for food products with emulsion structure based on pea groats and pea aquafaba. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 1. No. 11 (133). P. 51–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323339.

Information about the authors:

Andrieieva Svitlana Serhiivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Food Technology in the
Restaurant Industry
State Biotechnological University
44, Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

Dikhtiar Alona Mykolaivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Food Technology in the
Restaurant Industry
State Biotechnological University
44, Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF FERMENTED HUMMUS PRODUCTION WITH STARTER CULTURES

Doronin K. A.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-3>

INTRODUCTION

Over the past decade, food systems have shown a sustained trend towards an increasing share of plant-based, ready-to-eat products, as well as products positioned as “natural”, “minimally processed”, and with a “short ingredient list”. In this context, legume-based spreadable products – particularly hummus – occupy a distinctive place, as they combine high nutritional value, convenience of consumption, and culinary versatility (sauces, spreads, components of dishes, etc.).¹

At the same time, growing demand for “chilled” products with a short ingredient list intensifies a technological challenge: consumers expect the absence of preservatives while simultaneously requiring an extended shelf life, a stable consistency, and predictable sensory characteristics². This creates a need for technologies that ensure natural stabilization of the product and reproducibility of parameters from batch to batch³.

The Ukrainian market is characterized mostly by conventional, non-fermented hummus, whereas the segment of legume pastes, produced using starter cultures, remains underdeveloped. Therefore, the scientific and practical development of fermented hummus technology may be of both technological and commercial significance.

The aim of the research is to provide a scientific rationale for, and to develop, a technology for a fermented legume paste (fermented hummus) using

¹ Alajaji S. A., El-Adawy T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. Vol. 19. P. 806–812. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.03.015.

² Ipekesen S., Basdemir F., Tunc M., Bicer B. T. Minerals, vitamins, protein and amino acids in wild *Cicer* species and pure line chickpea genotypes selected from a local population. *Journal of Elementology*. 2022. Vol. 27. P. 127–140.

³ Bintsis T. Lactic acid bacteria: Their applications in foods. *Journal of Bacteriology & Mycology*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 89–92.

starter cultures, which ensures improved microbiological stability, an enhanced flavor–aroma profile, and stable functional and technological properties of the product without the use of chemical preservatives^{4, 5}.

The object of the research is the technological process for producing fermented chickpea paste.

The subject of the research is the effect of starter cultures and fermentation regimes on the quality and safety indicators of fermented hummus (physicochemical, rheological, microbiological, and sensory), as well as their changes during storage

1. Factors determining the quality of fermented legume products

Chickpea (*Cicer arietinum*) is a source of plant protein, complex carbohydrates, dietary fiber, and micro- and macronutrients. Its use in paste-like products is justified by its ability to form a dense dispersed structure after heat treatment and comminution, as well as by its technological compatibility with the fat phase (oil) and with the emulsifying/structuring components of sesame raw materials^{6, 7}.

The quality of the final paste is determined by the following groups of factors:

- the properties of the protein–carbohydrate complex after heat treatment (degree of swelling, starch gelatinization, protein denaturation);
- the dispersity after comminution and the extent of disruption of cellular structures;
- the ratio of the aqueous and fat phases, which affects viscosity, plasticity, and spreadability;
- the balance of flavor components (saltiness, acidity, sesame “nutty” notes, spices) and the presence/absence of a “raw legume” aftertaste.

From a technological standpoint, water-binding capacity and the stability of the dispersed system are also essential indicators. For products with a paste-like structure, consumers are particularly sensitive to defects such as syneresis (water separation) and phase separation, which directly affect perceived quality.

⁴ Loutfi S., Hamdi M. Lactic fermentation of chickpea: Microbial dynamics and biochemical changes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016. Vol. 40. P. 129–138.

⁵ Vogel R. F., Knorr R., Müller M. R. A., Steudel U., Gänzle M. G., Ehrmann M. A. Non-dairy lactic fermentations: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 1999. Vol. 46. P. 181–196.

⁶ Papalamprou E. M., Doxastakis G. I., Biliaderis C. G., Kiosseoglou V. Influence of preparation methods on physicochemical and emulsifying properties of chickpea protein isolates. *Food Hydrocolloids*. 2010. Vol. 24. P. 50–58.

⁷ da Silva M., Neves V., Lourenço E. Protein fractions and major globulin from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Alimentos e Nutrição*. 2001. Vol. 12. P. 131–149.

Legumes may contain antinutritional components, including protease inhibitors, oligosaccharides that may cause discomfort, phytates, and phenolic compounds⁸. In hummus technologies, operations capable of reducing undesirable effects play a significant role: soaking, rinsing, heat treatment, and fermentation^{9, 10}.

Fermentation, particularly under controlled conditions, may contribute to:

- modification of available carbohydrates and a reduction in the intensity of the “beany” aroma;
- development of a milder flavor profile;
- changes in functional and technological properties due to enzymatic processes within the matrix¹¹.

Within the present study, these effects are considered elements of a technological solution that enhances stability, process controllability, and consumer attractiveness of the product.

Paste-like products with relatively high moisture content provide a favourable environment for microbial growth in cases of non-compliance with process discipline or unstable storage conditions. For chilled ready-to-eat products, the following are critical:

- primary contamination (raw materials, water, equipment);
- secondary contamination after heat treatment during comminution/mixing/fillin;
- temperature fluctuations along the “production–logistics–storage” chain¹².

A practically significant marker of instability in pastes and sauces is yeast growth, which may manifest as gas formation, changes in aroma, surface defects, and an increased risk of organoleptic faults. This is particularly relevant for products where intensive thermal sterilization of the final packaged product is not envisaged.

Therefore, the technological solution must simultaneously reduce the risk of growth of undesirable microflora and ensure the stability of organoleptic

⁸ Santos M. I., Lima Á., Borges O., Carvalho A. P., Guiné R. P. F. Effect of processing on oligosaccharides content in chickpeas and lentils. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55. P. 2195–2202.

⁹ Åman P. Carbohydrates in raw and germinated seeds from mung bean and chick pea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1979. Vol. 30. P. 869–875. DOI: 10.1002/jsfa.2740300907.

¹⁰ Loutfi S., Hamdi M. Lactic fermentation of chickpea: Microbial dynamics and biochemical changes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016. Vol. 40. P. 129–138.

¹¹ Limón R. I., Peñas E., Torino M. I., Martínez-Villaluenga C., Dueñas M., Frias J. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean flour. *Food Chemistry*. 2015. Vol. 172. P. 343–352.

¹² Vogel R. F., Knorr R., Müller M. R. A., Steudel U., Gänzle M. G., Ehrmann M. A. Non-dairy lactic fermentations: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 1999. Vol. 46. P. 181–196.

characteristics, while remaining compatible with the “preservative-free” concept.

Lactic acid fermentation is widely used in food technologies as a means of improving microbiological stability and developing a characteristic flavor. The use of lactic acid bacteria (LAB) as starter cultures is technologically justified in view of the following mechanisms:

- reduction of pH because of organic acid formation, which inhibits part of the competing/undesirable microflora;
- competitive exclusion due to the rapid growth of a dominant beneficial culture.
- formation of metabolites with antimicrobial properties (including bacteriocins—depending on the species/strain);
- development of a flavor–aroma profile perceived as “fresh” and “clean”, if cultures and regimes are appropriately selected^{13, 14}.

For legume pastes, fermentation has an additional technological dimension: it can affect structural and mechanical properties. Since the paste is a multiphase system (chickpea particles + moisture + fat phase), even moderate changes in acidity and enzymatic modification of components can alter the degree of water binding, dispersity, and the perception of texture.

Controlled fermentation involves the addition of starter cultures, which should be:

- capable of active growth in the relevant matrix (chickpea paste);
- technologically stable and compatible with the production regime.
- predictable in their effect on flavor and aroma.
- safe for food use¹⁵.

In the practice of assessing the safety of microorganisms intentionally added to food, systematic approaches such as QPS are applied, in which correct identification, a history of safe use, and control of potential risk factors are important. For fermented hummus technology, this is of dual value: it substantiates the selection of cultures and supports the evidence base of technological decisions when preparing technical documentation¹⁶.

¹³ Bintsis T. Lactic acid bacteria: Their applications in foods. *Journal of Bacteriology & Mycology*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 89–92.

¹⁴ Mokoena M. P. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*. 2017. Vol. 22. No. 8. 1255.

¹⁵ Turpin W., Humblot C., Guyot J.-P. Genetic screening of lactic acid bacteria from fermented foods: Starter selection. *Food Microbiology*. 2011. Vol. 28. P. 150–159.

¹⁶ European Food Safety Authority. Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA – Opinion of the Scientific Committee. *EFSA Journal*. 2007. Vol. 5. No. 12. 587.

The use of mixed LAB cultures is often technologically advantageous, since different cultures can complement one another in terms of acidification rate, spectrum of metabolites, and impact on sensory properties. For paste-like plant-based products, such synergy may manifest as:

- faster attainment of a technologically appropriate acidity level;
- a milder, more “rounded” taste without harsh notes;
- better stability during storage.

Within the present work, experimental data confirmed the expediency of using a combination of *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus rhamnosus* as appropriate solution¹⁷.

2. Technology of fermented hummus

Based on a series of preliminary experiments and taking into account data from the scientific and technical literature, a process flow for producing a fermented legume paste using starter cultures of lactic acid bacteria was developed. The proposed technology – use of semi-prepared legume raw material and the inoculation with starter preparations containing lactic acid bacteria¹⁸.

The raw material was cooked, comminuted legumes (namely chickpeas), standardized in terms of total solids by adding a plant protein concentrate. As the starter culture, a combination of microbial strains was used comprising a mixture of lactic acid bacteria, in particular *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*.

Preliminary studies established that the use of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactococcus lactis* starter cultures is appropriate for fermenting hummus under a low-temperature regime, ensuring stable progression of the microbiological process and improved sensory characteristics of the product. It was shown that varying the starter dose within $1 \times 10^6 \dots 1 \times 10^9$ CFU/g does not lead to substantial differences in the final pH values; however, it affects the intensity of the initial stage of fermentation. The concentration of $1 \times 10^7 \dots 1 \times 10^8$ CFU/g was identified as rational.

It was determined that hummus fermentation at $2 \dots 6$ °C is characterized by a slow decrease in acidity and the formation of a pH plateau after 21 days, due to the properties of the legume raw material, the limited amount of fermentable carbohydrates, and the buffering capacity of the product. It was demonstrated

¹⁷ Гніцевич В. А., Доронін К. А. Дослідження параметрів ферментації хумусу старовими культурами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*, 2026. (1). <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-28>

¹⁸ EFFCA: European Food & Fermentation Cultures Association. About EFFCA [Electronic resource]. URL: <https://effca.org/> (Last accessed: 20.05.2026).

that fermentation temperature affects diacetyl accumulation: its most intensive formation is observed at 2...6 °C which is associated with higher metabolic activity of lactic acid bacteria compared with conditions of 2...4 °C. It was established that the main accumulation of diacetyl occurs during the first 7 days of fermentation, after which its concentration stabilises due to substrate depletion and the transition of microorganisms to the stationary growth phase.

The fermentation parameters for hummus using starter cultures were optimized. In order to determine the optimal parameters of the fermentation process, a multivariate experimental design method was employed using the orthogonal symmetric Box–Wilson design¹⁹. Table 1 presents the conditions for conducting a full three-factor experiment²⁰.

Table 1

Levels and Intervals of the Factors Varied

Levels	Factors		
	Starter culture dose (X1), log ₁₀ (CFU/g)	Fermentation duration (X2), days	Fermentation temperature (X3), °C
	x1	x2	x3
Base (xi 0)	7	21	4
Variation interval (Dxi)	1	7	2
Lower (xi min)	6	14	2
Upper (xi max)	8	28	6

As the response function Y, the diacetyl content (µg/kg) was adopted. Based on the results of three series of measurements determining diacetyl content for the multifactor experimental designs, its mean value was established (Table 2).

Table 2

Trial results

X_1	6	8	6	8	6	8	6	8	5,8	8,2	7	7	7	7	7
X_2	14	14	28	28	14	14	28	28	21	21	12,5	29,5	21	21	21
X_3	2	2	2	2	6	6	6	6	4	4	4	4	1,6	6,4	4
Y_{mean}	2480	2520	3660	3720	4067	4133	4146	4214	3664	3736	3699	3687	3624	4293	3700

¹⁹ Box G. E. P., Wilson K. B. On the experimental attainment of optimum conditions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 1951. Vol. 13. No. 1. P. 1–45.
²⁰ Box G. E. P., Hunter J. S., Hunter W. G. *Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery*. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2005.

The experimental were designed considering the orthogonality criteria. With a total number of 15 runs for the orthogonal central composite design, the value of $\alpha = 1.2153$.

Because the object of study exhibits significant non-linear properties, a first-order design did not allow an adequate regression model to be obtained. When investigating the region of the optimum and sections of the response surface with pronounced curvature, a third-degree polynomial was used for the mathematical description. In addition to the main effects b_i , it includes all pairwise interactions b_{ij} , quadratic effects b_{ii} , and also accounts for the interaction of all three factors b_{123} . After normalising the factor levels, the least-squares method was used to obtain mutually uncorrelated estimates of the regression coefficients. When converted to natural (uncoded) variables, the constructed response-surface regression model takes the following form:

$$Y_1 = -6513,98 + 1747,86x_1 + 216,42x_2 + 505,37x_3 + 1,01x_1x_2 + 5,50x_1x_3 - 18,70x_2x_3 - 0,16x_1x_2x_3 - 124,86x_1^2 - 2,65x_2^2 + 12,53x_3^2 \quad (1)$$

The validation check confirmed the homogeneity of the reproducibility variance for the experimental mean values Y_{avg} (Table 2) and the theoretical levels Y calculated using mathematical model (1). According to Fisher's criterion, $F = 0.33529 \leq 8.72868$, which indicates the adequacy of the obtained regression.

Construction of mathematical model (1) made it possible to formulate an optimisation problem. The diacetyl content, which should be maximised, was selected as the objective function; the limiting values of the fermentation parameters were adopted as the constraint functions characterising the processing conditions. The calculations yielded the following results: for the most pronounced flavour, the starter culture dose should be $6.0 \times 10^6 \dots 3.1 \times 10^7$ CFU/g, the fermentation duration 19...21 days, and the fermentation temperature 6 °C.

The production process for the new fermented product (Fig. 1) includes the following stages: the legume raw material is soaked, boiled until soft, comminuted to a paste-like state, portioned into packets, and frozen.

During paste preparation, oil, salt, and other ingredients are added to the main raw material, followed by homogenization for 3–5 minutes until the required consistency is obtained and the temperature reaches 6 °C. After completion of the cutter-mixing process, the product is packaged on the line, cooled to 4 ± 2 °C and stored at $0 \dots 6$ °C. Over the course of 3 days, cold fermentation of the mass occurs with the formation of aromatic compounds.

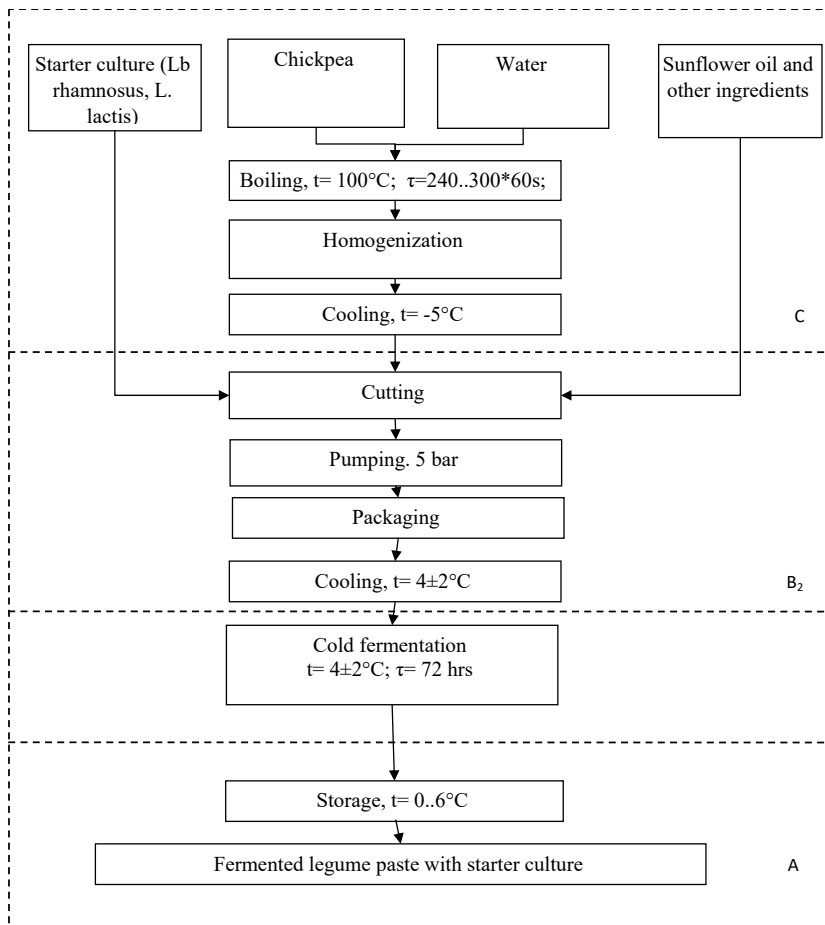


Fig. 1. Fermented hummus production scheme

The resulting product has a uniform paste-like consistency, a pleasant aroma, a mild taste with a characteristic tangy note, a light beige color, and a stable texture without phase separation.

The studies conducted made it possible to develop the formulation composition (Table 3) of the fermented hummus.

After pouring the packaging product is stored 0...+6 °C.

Table 3

Recipe

№	Name	Quantity, kg	
		Control	Trial
1	Prepared chickpea	54.0	54.0
2	Water	12.0	12.0
3	Sunflower oil	14.0	14.0
4	Takhini	12.0	12.0
5	Starter culture	–	5×10^6
6	Citric acid (45%)	1.24	1.24
7	Salt	1.0	1.0
8	Garlic	0.6	0.6
9	Potassium sorbate	0.1	–
10	Sodium benzoate	0.1	–

3. Study of the fermented hummus quality

Within the scope of the study, particular attention was paid to evaluating the quality of fermented hummus as a multicomponent food system whose properties are shaped by the fermentation process. An analysis of the organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators of the finished product was carried out to determine the effect of fermentation on its consumer properties, stability, and safety during storage²¹. The organoleptic indicators used to assess the fermented hummus are presented in Table 4.

Table 4

Sensory evaluation criteria

Parameter	Description
Appearance	Creamy mass ranging in color from light cream to dark cream
Taste	Neutral, slightly pea-like taste with a subtle acidic note from lemon juice
Flavor	Delicate nutty aroma with creamy notes
Texture	Paste-like, homogeneous mass without lumps

To provide a comprehensive assessment of the nutritional value of the standard hummus sample, the amino acid composition of the product was investigated. Determining the amino acid content makes it possible to evaluate the biological quality of the protein fraction and to establish the

²¹ ISO 8589:2010+A1:2014. Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms [Online]. Geneva : International Organization for Standardization, 2014. URL: <https://www.iso.org/standard/36385.html> (Last accessed: 21 May 2026).

product's potential nutritional value. The results of the study are presented in Table 5²².

Table 5

Study of the relative amino acid composition of fermented hummus

Amino acid	Hummus (control)		Hummus (trial)	
	Amount, mg/100 g	Content, %	Amount, mg/100 g	Content, %
Lysine	0.205	6.49	0.119	7.79
Histidine	0.084	2.66	0.035	2.30
Arginine	0.194	6.13	0.083	5.44
Aspartic acid	0.441	13.93	0.216	14.17
Threonine	0.127	4.01	0.072	4.75
Serine	0.186	5.89	0.072	4.69
Glutamic acid	0.719	22.72	0.319	20.94
Proline	0.168	5.30	0.101	6.60
Glycine	0.160	5.05	0.088	5.74
Alanine	0.126	3.97	0.106	6.92
Cystine	0.057	1.81	0.038	2.50
Valine	0.083	2.61	0.032	2.10
Methionine	0.013	0.41	0.013	0.85
Isoleucine	0.076	2.42	0.033	2.15
Leucine	0.193	6.10	0.060	3.96
Tyrosine	0.161	3.66	0.072	4.70
Phenylalanine	0.171	4.25	0.067	4.40
Total	3.163	100.00	1.525	100.00

The obtained results of the comparative analysis of the amino acid composition of the control (standard) and experimental samples indicate a substantial shift in both the quantitative and structural characteristics of the amino acid profile under the influence of the investigated technological factor (fermentation/use of starter cultures).

First, a significant decrease in the total amino acid content was observed in the experimental sample from 3.163 to 1.525 mg ($\approx -51.8\%$). This finding suggests an overall reduction in the concentration of free (or analytically detectable) amino acids in the product, which may be attributable to their active involvement in microbial metabolism, conversion into secondary nitrogen-containing compounds, or the transition of a portion of amino acids into bound forms/fractions that are less accessible to determination by the method applied.

²² Alajaji S. A., El-Adawy T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. Vol. 19. P. 806–812. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.03.015.

Along with the general decline in absolute values, a redistribution of the relative contributions of individual amino acids within the total pool was recorded. In the experimental sample, the relative share of alanine (3.97% → 6.92%), glycine (5.05% → 5.74%), proline (5.3% → 6.6%), and lysine (6.49% → 7.79%) increased, resulting in a profile with a higher proportion of amino acids associated with microbial stress responses and adaptive mechanisms and/or with intensified proteolysis. In contrast, the proportions of leucine (6.10% → 3.96%), serine (5.89% → 4.69%), arginine (6.13% → 5.44%), and glutamic acid (22.7% → 20.94%) decreased, which may reflect their preferential utilization by the microbial community as sources of nitrogen and carbon or as precursors for the synthesis of fermentation metabolites.

Overall, the experimental sample was characterized by lower amino acid levels in both mass- and molar-based terms, but by a different component ratio, indicating directed biochemical transformations within the substrate. To conclusively substantiate the observed differences, it is advisable to complement these findings with a statistical assessment of the significance of differences between means and to account for the potential contribution of moisture/dry matter when interpreting absolute values.

To assess the nutritional and biological value of fermented hummus, the contents of key vitamins were determined in the experimental samples. Analysis of the vitamin profile made it possible to evaluate the effects of the raw materials used and the fermentation process on the development of the functional properties of the final product. The results are presented in Table 6.

Table 6

Level of vitamins, mg%/100g

№	Parameter	Hummus (control)	Hummus (trial)
1	Vitamin B ₁	0.32 ± 0.02	0.26 ± 0.01
2	Vitamin B ₂	0.07 ± 0.01	0.12 ± 0.03
3	Vitamin B ₃	1.06 ± 0.06	0.86 ± 0.01
4	Carotenoids	1.34 ± 0.03	1.55 ± 0.05

A comparative assessment of two batches of hummus – a standard (control) product and a product manufactured using starter cultures – indicates a targeted modification of its biochemical profile with respect to B-group vitamins and carotenoids. In the starter-culture sample, the riboflavin (vitamin B₂) concentration increased from 0.07 ± 0.01 to 0.12 ± 0.03 mg% (mg per 100 g), corresponding to an approximately 71% increase relative to the control. This trend is consistent with the presumed ability of certain members of starter

consortia to biosynthesize riboflavin, as well as with the release of bound vitamin forms due to enzymatic activity during fermentation.

In contrast, thiamine (vitamin B₁) and niacin (vitamin B₃) decreased in the starter-culture variant: B₁ from 0.32 ± 0.02 to 0.26 ± 0.01 mg%, and B₃ from 1.06 ± 0.06 to 0.86 ± 0.01 mg%. These changes may be attributable to the involvement of thiamine and niacin in microbial metabolism as cofactors of enzymatic systems, as well as to possible oxidation and/or transformation of these compounds during processing. Notably, carotenoid content increased in the starter-culture sample from 1.34 ± 0.03 to 1.55 ± 0.05 mg%, which may indicate improved pigment stabilization within the fermented matrix or altered conditions affecting their retention and analytical determination.

Overall, the results demonstrate that the use of starter cultures exerts a differentiated (selective) effect on the levels of bioactive components in hummus: increases in vitamin B₂ and carotenoids occur alongside decreases in vitamins B₁ and B₃. This supports the need for further optimization of starter-culture composition and fermentation parameters with consideration of target quality attributes, as well as confirmation of the observed differences using mathematical statistical methods (i.e., significance testing of differences between means given a sufficient sample size).

A comparative analysis of relative changes in volatile aroma-forming compounds in the experimental sample versus the control (Table 7) indicates that the investigated processing regimes/variants induce multidirectional and multi-scale restructuring of the aroma profile, manifested both in the overall magnitude of shifts and in the dominance patterns of individual marker metabolites. The experimental sample exhibited the most pronounced deviations from the control, primarily due to an anomalously large increase in acetoin and diacetyl. This result may be interpreted as an indicator of substantial intensification of enzymatic conversions toward the formation of carbonyl compounds (in particular, via pyruvate metabolism and associated redox transformations), which can generate a creamy-buttery sensory dominant and markedly shape the overall aromatic impression of the product.

Concurrently, moderate decreases in certain components – specifically ethyl acetate and selected disulfides – were observed in the experimental sample, which may be associated with shifts in the balance between esterification and hydrolysis reactions and with transformations of sulfur-containing compounds within the matrix.

In between, these findings indicate that the experimental sample provides a high degree of controlled aroma modulation; however, it may also increase the risk of sensory imbalance due to excessive accumulation of 1–2 key compounds

with high odor activity. By contrast, the control sample is characterized by a more moderate, multicomponent pattern of changes without the formation of extreme peaks. The observed increases in a range of volatile compounds – particularly alcohols, terpene constituents, and selected heterocyclic compounds – are generally limited in magnitude, which is consistent with the development of a more balanced, polycomponent aroma profile.

Table 7

Comprehensive analysis of aroma compounds

Aromatic compound		Hummus (control)	Hummus (trial)
Misc	1,8-Cineole	5	2
Alcohol	1-Hexanol	10	27
Aromatic	3-Carene	22	2
Ketone	Acetoin	195	15
Sulfur	Allyl methyl sulfide	25	25
Aromatic	α -Pinene	5	-5
Misc	Cubebene	5	-5
Aldehyde	Decanal	2	2
Ketone	Diacetyl	136	-10
Aromatic	Limonene	9	-2
Aromatic	o-Cymene	4	4
Pyrazine	2,5-Dimethylpyrazine	-3	2
Sulfur	2-Acetylthiazole	-2	15
Ketone	2-Butanone	-3	-7
Pyrazine	2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	-2	-2
Furan	2-Hexanoylfuran	-2	15
Aldehyde	2-Methylbutanal	-2	10
Furan	3-Methylfuran	-18	-5
Sulfur	Diallyl disulfide	-20	2
Sulfur	Dimethyl disulfide	-3	-3
Alcohol	Ethanol	-37	-3
Ester	Ethyl acetate	-2	-2
Misc	Indole	-5	-2
Pyrazine	Trimethylpyrazine	3	-2

During the study, changes in the principal microbiological indicators were determined as a function of product storage duration, enabling assessment of fermentation efficiency and the product's ability to maintain stable consumer properties throughout the established shelf life. In evaluating the quality of fermented products, a key criterion is the composition and dynamics of the

microflora, as it determines both product stability and the potential evolution of sensory properties during storage.

The microbiological results (Table 8) demonstrate a sustained positive trend in the development of lactic acid microflora and confirm that microbiological safety indicators complied with the requirements of TY Y10.8-37146938-002:2023 over the investigated period.

Table 8

Microbiological study of fermented hummus

Parameter	TU U 10.8-37146938-002:2023	Results					
		0 day	7 days	14 days	25 days	30 days	35 days
MAFAM, CFU/g	not more 1.0·10 ³	8.0·10 ¹	9.0·10 ¹	3.1·10 ²	5.5·10 ²	9.0·10 ²	1.0·10 ³
LAB (Lactobacillus curvatus & Lactococcus lactis spp lactis), CFU/g	–	5.5·10 ⁶	1.1·10 ⁷	1.7·10 ⁷	5.2·10 ⁷	1.3·10 ⁸	5.3·10 ⁸
Coliforms), per 1,0 g	not allowed	not detected					
Salmonella, per 25 g	not allowed	not detected					
Staphylococcus aureus, per 1,0 g	not allowed	not detected					
Yeast, CFU/g	not allowed	not detected					5.5·10 ¹
Mold, CFU/g	not allowed	not detected					
L. monocytogenes	not allowed	not detected					

In the freshly produced product (day 0), the count of lactic acid bacteria (*Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*) was 5.5×10^6 CFU/g. Subsequently, their abundance increased: on day 7 to 1.1×10^7 CFU/g; on day 14 to 1.7×10^7 CFU/g; on day 25 to 5.2×10^7 CFU/g; on day 30 to 1.3×10^8 CFU/g and on day 35 to 5.3×10^8 CFU/g. This trend is typical of fermented food systems and reflects the sustained metabolic activity of the starter microflora during storage. At the same time, increasing LAB counts may correlate with changes in acidity and, consequently, with shifts in the sensory profile during extended storage, underscoring the need for an integrated assessment of physicochemical and organoleptic parameters.

Microbiological safety indicators remained within regulatory limits throughout the entire observation period: coliform bacteria, pathogenic

microorganisms (including *Salmonella*), *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* were not detected. Mould fungi were likewise not detected during storage, indicating the absence of conditions conducive to their growth under the adopted storage regime and confirming the product's microbiological stability with respect to this parameter.

Yeasts were not detected over 0...30 days of storage; however, on day 35 they were detected at a level of 5.5×10^1 CFU/g. The emergence of yeast microflora at this late storage stage may be considered a marker of the onset of undesirable microbiological changes that could potentially lead to deterioration in quality attributes (in particular, the development of off-odours/off-flavours and gas formation) during further storage.

Thus, the data confirm that the fermented hummus, over the study period, was characterized by a high level of lactic acid microflora and complied with microbiological safety requirements regarding coliforms, pathogenic microorganisms, *S. aureus*, and *L. monocytogenes*. The detection of yeasts on day 35 substantiates the advisability of setting the maximum storage life at 30 days under the specified storage and packaging conditions

CONCLUSIONS

As a result of the conducted research, a scientifically substantiated technology for fermented hummus was developed using starter cultures of lactic acid bacteria, ensuring stable quality and safety parameters of the finished product without the use of chemical preservatives. It was established that the combined use of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* and *Lactobacillus rhamnosus* is appropriate for the controlled fermentation of chickpea paste and supports the stable progression of fermentation processes during storage.

Fermentation was shown to positively affect the sensory characteristics of the product, promoting a milder flavour–aroma profile and ensuring the stabilization of a homogeneous paste-like structure. Changes in the amino acid composition of fermented hummus indicate the occurrence of biochemical transformations within the protein matrix driven by microbial fermentation. The experimental sample was characterized by increased levels of certain amino acids, notably alanine, proline, glycine, and lysine, which may be associated with proteolysis and the metabolic activity of lactic acid bacteria.

The vitamin profile analysis demonstrated that fermentation contributes to the modification of the product's biochemical profile, in particular to an increase in riboflavin and carotenoid contents in the experimental sample compared with the control. These results confirm the potential of lactic acid fermentation as a tool for imparting functional properties to fermented legume-based pastes.

Microbiological testing established that throughout the entire storage period the safety indicators complied with regulatory requirements: coliform bacteria and pathogenic microorganisms, including *Salmonella* spp., as well as *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*, were not detected. At the same time, active development of lactic acid microflora during storage was observed, confirming the stability of the fermentation process. The detection of yeasts on day 35 indicates the onset of undesirable microbiological changes and substantiates the advisability of setting the maximum shelf life at 30 days at a storage temperature of 4..6°C.

SUMMARY

Current trends in food technology are driving increased demand for ready-to-eat (RTE) products with enhanced nutritional value and minimal use of synthetic preservatives.

One promising approach is the application of lactic acid fermentation in the processing of legume-based foods, particularly hummus. This section investigates the effect of controlled fermentation on the quality formation of fermented hummus using the starter cultures *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* and *Lactobacillus rhamnosus*. The finished product was evaluated in terms of sensory properties, amino acid profile, vitamin composition, and microbiological parameters.

Fermentation was found to improve the product's flavor and aroma and to stabilize the texture of hummus. Positive changes in the amino acid profile and increased levels of selected vitamins were observed in experimental samples compared with the control. The use of lactic acid bacteria was shown to ensure the microbiological stability of the product without the addition of chemical preservatives. During storage, fermented hummus complied with the relevant regulatory requirements for safety and quality.

The feasibility of applying lactic acid fermentation in the development of functional chickpea-based products is substantiated, and a rational shelf-life for fermented hummus is defined.

Bibliography

1. Alajaji S. A., El-Adawy T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. Vol. 19. P. 806–812. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.03.015.
2. Ipekesen S., Basdemir F., Tunc M., Bicer B. T. Minerals, vitamins, protein and amino acids in wild *Cicer* species and pure line chickpea genotypes

- selected from a local population. *Journal of Elementology*. 2022. Vol. 27. P. 127–140.
3. Bintsis T. Lactic acid bacteria: Their applications in foods. *Journal of Bacteriology & Mycology*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 89–92.
4. Loutfi S., Hamdi M. Lactic fermentation of chickpea: Microbial dynamics and biochemical changes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016. Vol. 40. P. 129–138.
5. Vogel R. F., Knorr R., Müller M. R. A., Steudel U., Gänzle M. G., Ehrmann M. A. Non-dairy lactic fermentations: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 1999. Vol. 46. P. 181–196.
6. Papalamprou E. M., Doxastakis G. I., Biliaderis C. G., Kiosseoglou V. Influence of preparation methods on physicochemical and emulsifying properties of chickpea protein isolates. *Food Hydrocolloids*. 2010. Vol. 24. P. 50–58.
7. da Silva M., Neves V., Lourenço E. Protein fractions and major globulin from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Alimentos e Nutrição*. 2001. Vol. 12. P. 131–149.
8. Santos M. I., Lima Á., Borges O., Carvalho A. P., Guiné R. P. F. Effect of processing on oligosaccharides content in chickpeas and lentils. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55. P. 2195–2202.
9. Åman P. Carbohydrates in raw and germinated seeds from mung bean and chick pea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1979. Vol. 30. P. 869–875. DOI: 10.1002/jsfa.2740300907.
10. Limón R. I., Peñas E., Torino M. I., Martínez-Villaluenga C., Dueñas M., Frias J. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean flour. *Food Chemistry*. 2015. Vol. 172. P. 343–352.
11. Mokoena M. P. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*. 2017. Vol. 22. No. 8. P. 1255.
12. Turpin W., Humblot C., Guyot J.-P. Genetic screening of lactic acid bacteria from fermented foods: Starter selection. *Food Microbiology*. 2011. Vol. 28. P. 150–159.
13. European Food Safety Authority. Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA – Opinion of the Scientific Committee. *EFSA Journal*. 2007. Vol. 5. No. 12. P. 587.
14. Гніцевич В. А., Доронін К. А. Дослідження параметрів ферментації хумусу стартовими культурами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2026. № 1. URL: <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-28> (Last accessed: 20.05.2026).

15. EFFCA: European Food & Fermentation Cultures Association. About EFFCA [Electronic resource]. URL: <https://effca.org/> (Last accessed: 20.05.2026).
16. Box G. E. P., Wilson K. B. On the experimental attainment of optimum conditions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 1951. Vol. 13. No. 1. P. 1–45.
17. Box G. E. P., Hunter J. S., Hunter W. G. Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2005.
18. ISO 8589:2010+A1:2014. Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms [Electronic resource]. Geneva : International Organization for Standardization, 2014. URL: <https://www.iso.org/standard/36385.html> (Last accessed: 21.05.2026).

Information about the author:

Doronin Kyrylo Anatoliiovych,

Postgraduate Student

State University of Trade and Economics

19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУХОГО
НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ОЛЕОГЕЛІВ
У ТЕХНОЛОГІЇ ПІНОПОДІБНОЇ ДЕСЕРТНОЇ
ПРОДУКЦІЇ**

Котляр О. В.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-4>

ВСТУП

Останніми роками у сфері виробництва десертної кулінарної продукції спостерігається тенденція до активного впровадження ресурсозберігаючих технологій, що спрямовані на підвищення ефективності виробництва та раціональне використання сировинних ресурсів. Водночас актуальною залишається проблема дефіциту життєво необхідних нутрієнтів у харчуванні населення, що зумовлює необхідність розроблення нових видів десертної продукції з удосконаленим рецептурним складом та підвищеною харчовою цінністю.

Серед широкого асортименту харчових продуктів десертна продукція посідає особливе місце завдяки стабільному попиту споживачів, високим органолептичним показникам та різноманітності рецептурних рішень. Значна кількість можливих комбінацій сировинних компонентів створює передумови для формування нових видів десертів із заданими функціонально-технологічними властивостями та покращеними показниками якості.

Особливої уваги заслуговує десертна продукція з пінною структурою, яка характеризується привабливими споживчими властивостями та користується значним попитом. Разом із тим наявний рівень виробництва неповною мірою забезпечує потреби споживачів у цій групі продукції. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є розширення виробництва та реалізації піноподібних десертів у закладах ресторанної індустрії. На сучасному етапі асортимент такої продукції представлений широким спектром виробів, зокрема морозивом, мусами, суфле, самбуками, пудингами та парфе.

Сучасна кондитерська промисловість має значний практичний досвід використання функціональних сумішей, що забезпечують стабільність технологічного процесу, сприяють усуненню виробничих ризиків та мінімізують можливість виникнення небажаних змін у готовій продукції. Важливу роль у формуванні структурно-механічних та органолептичних характеристик десертів відіграють піноутворювачі й емульгатори, які широко застосовуються у кондитерському виробництві та суміжних галузях харчової промисловості.

Перспективним напрямом є використання сухих напівфабрикатів, здатних забезпечувати високу якість готової продукції, скорочення тривалості технологічних процесів та зниження енергетичних витрат. Застосування таких напівфабрикатів дозволяє не лише розширити асортимент десертної продукції та покращити її якісні характеристики, а й забезпечити більш раціональне використання сировинних та енергетичних ресурсів.

Під час розроблення нових видів десертної продукції важливим є забезпечення її збалансованого складу та наявності незамінних нутрієнтів. Формування пінної структури продукції забезпечується за рахунок використання поверхнево-активних речовин і білкових компонентів рослинного та тваринного походження, які характеризуються високою засвоюваністю, харчовою та біологічною цінністю. У складі рецептурних систем такі компоненти утворюють стабільні багатокomпонентні системи, параметри яких дозволяють регулювати функціонально-технологічні властивості готової продукції.

Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення технології десертної продукції з пінною структурою масового споживання з використанням сухого напівфабрикату на основі олеогелів.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- обґрунтувати доцільність використання сухого напівфабрикату на основі олеогелів у технології піноподібної десертної продукції;
- дослідити вплив виду та концентрації стабілізаторів на структурно-механічні властивості піноподібної продукції;
- визначити раціональний вміст рецептурних компонентів для формування асортименту десертної продукції з пінною структурою;
- встановити оптимальні параметри технологічного процесу, що забезпечують високу піноутворюючу здатність та стійкість пін;
- розробити науково обґрунтовані рецептури і технології десертної продукції з використанням сухого напівфабрикату на основі олеогелів;
- визначити показники якості та безпечності готової продукції;

1. Аналіз сучасного стану та перспектив розвитку технологій сухих напівфабрикатів на основі олеогелів для піноподібної десертної продукції

Метою розробки технології піноподібної десертної продукції масового споживання на основі сухого напівфабрикату є створення асортименту піноподібної кулінарної продукції з високими показниками якості, стабільності та економічної ефективності. Соціальна значущість цього дослідження полягає у високому попиті на піноподібну десертну продукцію з широким асортиментом та високими біологічними і смаковими показниками. Саме розробка заданої технології має задовольнити зростаючий попит. Задана розробка має суттєве значення для подальшого розвитку сегменту десертної продукції та сухих напівфабрикатів для збивання, вона розширює теоретичні та практичні знання у вирішенні проблем створення стабільних пінних систем з високою піноутворюючою здатністю.

За даними аналітичних агентств, світовий ринок десертної продукції демонструє стабільне зростання^{1, 2}. У 2025 році обсяг світового ринку десертів оцінювався понад у 120 млрд доларів США, а середньорічний темп приросту сегменту піноподібних десертів становить близько 5–7%. Найбільшу частку ринку займають муси, кремові десерти, збиті вершкові суміші, готові сухі суміші для приготування десертів та молочні аеровані продукти. В Україні сегмент десертної продукції також характеризується позитивною динамікою. Частка десертів швидкого приготування та сухих сумішей у структурі реалізації кулінарної продукції щорічно зростає на 8–10%, що зумовлено зміною споживчих вподобань, розвитком закладів ресторанної індустрії та популяризацією продуктів швидкого приготування.

Сухий напівфабрикат на основі олеогелів у технології має суттєве значення для створення нових напрямів у сегменті десертної продукції, бо представляє суміш, яку можна використовувати у різноманітних десертах³. Вона вирішує питання стабільності, піноутворення та розширення асортиментного переліку та сприяє якісним змінам

¹ Dessert Mixes Market Size, Share, and Growth Analysis. *SkyQuest Technology*. 2025. URL: https://www.skyquestt.com/report/dessert-mixes-market?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 18.05.2026)

² Dairy Desserts Market Size and Share Outlook to 2031. *Mordor Intelligence*. 2026. URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-dairy-desserts-market?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 18.05.2026)

³ Murray B. S. Stabilization of foams and emulsions by mixtures of surface active food-grade particles and proteins. *Food Hydrocolloids*. 2011. Vol. 25(4). P. 627–638. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.07.025.

у виробництві⁴. Особливого значення набуває використання олеогелів як структурованої жирової системи, що дозволяє зменшити вміст трансжирів та покращити функціонально-технологічні властивості готової продукції^{5, 6}.

Відмінність заданої розробки полягає у низькій собівартості, високих технологічних властивостях, можливості використання у різних продуктах, високих показниках якості. Крім того, застосування сухого напівфабрикату забезпечує спрощення технологічного процесу, зниження витрат на транспортування та зберігання, збільшення терміну придатності продукції та мінімізацію втрат сировини.

Аналіз ринку десертної продукції показав, що сухий напівфабрикат для піноподібної продукції характеризується досить вузьким асортиментом продукції з гетерогенною структурою. Асортимент формується продукцією, що випускається підприємствами молокопереробного комплексу, які в ході технологічного процесу виготовляють обмежену кількість продукції з пінною структурою. Наявна продукція не задовольняє попит споживача та диктує необхідність розширення напівфабрикатів для продукції з пінною структурою, що характеризується високим попитом у споживачів.

За результатами маркетингових досліджень встановлено, що понад 60% споживачів надають перевагу десертам з ніжною пінною текстурою, а близько 45% покупців звертають увагу на швидкість приготування продукції. Також спостерігається тенденція до збільшення попиту на продукти з поліпшеними показниками харчової цінності, зниженим вмістом насичених жирів та відсутністю синтетичних стабілізаторів⁷. У структурі асортименту сухих сумішей для десертної продукції найбільшу частку займають суміші для кремів, мусів, панна-коти, тірамісу та збитих вершків.

На основі аналітичних досліджень нами планується розробка технології піноподібної десертної продукції.

З урахуванням аналітичних досліджень та інноваційного задуму продукції нами визначено інноваційну стратегію розробки нової продукції. До основи інноваційної стратегії покладено принцип реалізації взаємодії

⁴ Goralchuk A., Gubsky S., Omelchenko S., Riabets O., Grinchenko O., Fedak N., Kotlyar O. Impact of added food ingredients on foaming and texture of whipped toppings: a chemometric analysis. *European Food Research and Technology*. 2020. Vol. 246(10). P. 1955–1970. DOI:10.1007/s00217-020-03547-3.

⁵ Patel A. R., Dewettinck K. Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food & Function*. 2016. Vol. 7(1). P. 20–29. DOI: 10.1039/C5FO01006C.

⁶ Fayaz G., Calligaris S., Nicoli M. C. et al. Potential of oleogel technology in food applications. *Food Research International*. 2017. Vol. 100. P. 467–476. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.05.018.

⁷ Wassell P., Rajah K. *Bakery Fats*. Cambridge : Woodhead Publishing, 2014. 408 p.

компонентів сухого напівфабрикату на основі олеогелів у технології та стабілізатора залежно від структури продукції, а також обґрунтування наповнювачів для піноподібної продукції для розробки асортименту піноподібної продукції.

Перспективним напрямом є використання натуральних наповнювачів рослинного походження: фруктових порошків, сублімованих ягід, какао-продуктів, кавових екстрактів, горіхових паст, рослинних білків та харчових волокон⁸. Такі компоненти дозволяють формувати широкий асортимент десертної продукції функціонального спрямування.

Актуальність дослідження визначається можливістю використання сухого напівфабрикату у технології піноподібної десертної продукції. Сухий напівфабрикат задовольняє вимогам технологічності, високої ефективності та має високі показники піноутворення та стійкості за рахунок комплексу інгредієнтів, що входять до складу.

Напрямок для створення лінійки нової піноподібної продукції – це поєднання піноутворюючих властивостей суміші та стабілізаційної системи. Цей напрям галузі розвивається стрімкими темпами та має деякі притаманні проблеми, пов'язані зі стабілізацією системи, вибором оптимального піноутворювача та отриманням пінних систем з певними властивостями. Актуальність дослідження та розробки страв з піноподібною структурою полягає у визначенні раціональних концентрацій стабілізаторів та сировини, яка визначає асортимент.

Намір України все більш тісно інтегруватися в різні європейські структури ставить перед нею гострі питання конкурентоспроможності вітчизняних товарів і підприємств на національному, а особливо на світовому ринках. Нині можна впевнено сказати, що майбутнє України тісно пов'язане з розвитком харчової промисловості та агропромислового комплексу. Це саме ті галузі, які можуть вивести Україну на гідне місце серед світових лідерів з виробництва продуктів харчування.

За даними Державної служби статистики України, виробництво харчових продуктів у структурі переробної промисловості становить понад 20%. Значна частка припадає на молочну та кондитерську галузі, де активно використовуються сухі напівфабрикати та суміші. Сегмент десертної продукції залишається одним із найбільш динамічних напрямів розвитку харчової індустрії.

Під час аналізу наявних технологій та новітніх розробок визначено вагомість напряму розробки технології страв з пінною структурою на

⁸ McClements D. J. Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2015. 714 p. DOI: 10.1201/b18868.

основі сухого напівфабрикату. У розробці проєкту необхідно дотримуватись таких вимог:

- задоволення технологічних властивостей продукту, в якому буде використовуватись сировина;
- використання безпечної та якісної сировини;
- стабільність у різних умовах зберігання та використання;
- доступна цінова політика;
- високі органолептичні показники;
- здатність до швидкого відновлення та збивання;
- забезпечення стабільної піни та структурної міцності.

Сухі жировмісні напівфабрикати такого типу використовуються у багатьох технологіях – від напоїв до десертної продукції промислового виробництва. Найбільш активно вони застосовуються у виробництві кондитерських кремів, молочних коктейлів, морозива, аерованих десертів, мусів, крем-чизів, кавових напоїв та продукції швидкого приготування.

Аналіз сухих сумішей для одержання піноподібної десертної продукції (табл. 1) дозволив зробити висновки щодо мінімальної конкуренції у цьому сегменті. Сухі суміші для збивання здебільшого представлені сумішами для отримання кремів та вершків. Вони характеризуються вузькою



Рис. 1. Сучасний асортимент піноподібної десертної продукції

Таблиця 1

**Моніторинг сухих сумішей для одержання піноподібної
десертної продукції**

Назва продукції	Виробник	Країна	Термін зберігання	Склад
Десерт «Dr.Oetker» крем тирамісу	«Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG»	Німеччина	18 міс.	Цукор, печиво з персіпана, пшеничне борошно, білок яйця, рослинні жири, ароматизатори, розпушувачі, стабілізатори
Мус шоколадний «Dr.Oetker»	Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG	Німеччина	18 міс.	Цукор, какао-порошок, шоколад, рослинний жир, желатин, молочний білок, емульгатори, каррагінан
Десерт «Dr.Oetker» мус шоколадний зі шматочками шоколаду	Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG	Німеччина	18 міс.	Какао-порошок, шоколад, емульгатори, молочний білок, модифікований крохмаль
Суміш для мусу ванільного	Haas	Австрія	12 міс.	Цукор, сухе молоко, ароматизатори, стабілізатори, рослинні жири
Суміш для крему «Патисьє»	Prestige	Польща	12 міс.	Модифікований крохмаль, цукор, емульгатори, молочні компоненти
Порошкова суміш для приготування кондитерського крему «Pronto Crema»	Elenka	Італія	12 міс.	Цукор, модифікований крохмаль, сухе знежирене молоко, молочні білки, яєчний жовток, ароматизатори, стабілізатори: E401, E407, E412, емульгатори: E472a, E472b, E460, антиоксиданти: E322 (соєвий лецитин), E304, E307, E330, барвник: E160a

направленістю та специфічністю виготовлення. Лідируючі позиції на ринку займають компанії «Dr.Oetker», «Haas», «Prestige», а також окремі виробники професійних сумішей для HoReCa.

Таким чином, проведений аналіз ринку показав, що асортимент сухих сумішей для піноподібної десертної продукції залишається обмеженим, а більшість продукції представлена імпортними виробниками^{9, 10}. Водночас спостерігається тенденція до розширення сегменту функціональних десертів, низькокалорійної продукції та сумішей з натуральними компонентами.

Тому виробництво піноподібного десерту з використанням сухого напівфабрикату на основі олеогелів у технології буде перспективним напрямом, позаяк використання піноутворюючих властивостей сухого напівфабрикату на основі олеогелів у виробництві десертів дозволить отримати продукт без штучних піноутворювачів і стабілізаторів, підвищити харчову цінність готового продукту, розширити асортимент та забезпечити конкурентоспроможність продукції на ринку.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці технологій піноподібної десертної продукції з використанням олеогелів різного складу, визначенні оптимальних рецептурних співвідношень компонентів, дослідженні структурно-механічних властивостей систем та формуванні нових видів десертної продукції функціонального спрямування^{11, 12}.

2. Теоретичні аспекти формування піноподібних та піноемальсійних харчових систем

Піна являє собою високодисперсну систему, у якій газова фаза розподілена у вигляді бульбашок у безперервному рідкому середовищі. Сукупність тонких рідких плівок формує просторовий каркас піни, який визначає її структурно-механічні властивості та стійкість. Залежно від співвідношення об'ємів газової та рідкої фаз бульбашки можуть мати сферичну або поліедричну форму. У висококонцентрованих пінних системах формується комірчаста структура, характерна для харчових аерованих продуктів¹³.

Утворення пінних систем може здійснюватися диспергаційним або конденсаційним способом. У технології харчових продуктів найбільш поширеним є механічне збивання з одночасною аерацією системи, що

⁹ Dr. Oetker Україна. Збиті десерти та сухі суміші. URL: <https://www.oetker.com.ua/>

¹⁰ Metro Chef. Суміші для десертної продукції. URL: <https://shop.metro.ua/>

¹¹ Patel A. R. Alternative routes to oil structuring via oleogelation : a review. *Food Research International*. 2015. Vol. 76. P. 448–460.

¹² Puscas A., Muresan V., Socaciu C., Muste S. Oleogels in Food: A Review of Current and Potential Applications. *Foods*. 2020, 9, 70. DOI: 10.3390/foods9010070.

¹³ Ropciuc S., Amariei S., Gutt G. Development and Characterization of New Plant-Based Ice Cream with Oleogels. *Gels*. 2024. Vol. 10, No. 6. <https://doi.org/10.3390/gels10060397>

забезпечує рівномірний розподіл газової фази у рідкому середовищі¹⁴. Формування та стабілізація піни значною мірою залежать від фізико-хімічних властивостей компонентів системи, концентрації поверхнево-активних речовин, в'язкості середовища та здатності міжфазних плівок протидіяти руйнуванню.

На межі розділу фаз формується адсорбційний шар поверхнево-активних речовин, який стабілізує газові бульбашки та знижує поверхневий натяг. Важливу роль у підвищенні стійкості пін відіграють білки та полімерні речовини, що здатні утворювати пружно-в'язкі міжфазні шари та сповільнювати процес витікання рідини з каналів Плато – Гіббса¹⁵. Білки є ефективними природними піноутворювачами завдяки наявності гідрофільних і гідрофобних груп, які забезпечують їхню поверхневу активність та здатність взаємодіяти з ліпідами і поверхнево-активними речовинами.

У сучасних технологіях десертної продукції особливого значення набуває використання білково-полісахаридних комплексів, олеогелів та комбінованих стабілізаційних систем. Такі компоненти забезпечують підвищення стійкості аерованих структур, формування необхідної текстури та покращення органолептичних показників готової продукції.

3. Наукове обґрунтування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва десертної продукції з використанням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів

В основу інноваційної стратегії покладено принцип комплексної взаємодії компонентів пінної системи зі стабілізуючими агентами, а також наукове обґрунтування використання сировини для формування широкого асортименту десертної продукції. Основною метою такого підходу є забезпечення високих показників стабільності, піноутворення та структурно-механічних властивостей готових виробів.

Вибір структуроутворювача ґрунтується на декількох ключових принципах. Насамперед структуроутворювач повинен характеризуватись високою вологостримувальною здатністю та забезпечувати стабільність пінної системи. Водночас важливо, щоб його використання не спричиняло осадження або руйнування піни. Інший підхід передбачає здатність структуроутворювача ефективно взаємодіяти із сухим напівфабрикатом,

¹⁴ Ferdaus M. J., Islam M. T., Hasan M. et al. Characteristics and Functional Properties of Bioactive Oleogels. *Gels*. 2025. Vol. 11, № 1. <https://doi.org/10.3390/gels11010069>

¹⁵ Asqardokht-Aliabadi A., Mohammadzadeh Milani J. Application of oleogelators in bakery products: A comprehensive review. *Applied Food Research*. 2026, Vol. 6, Is. 1, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101610>

залучаючи компоненти системи до синергетичної взаємодії. Це дозволяє забезпечити необхідні структурно-механічні та органолептичні показники продукції, а також підвищити її стійкість під час зберігання¹⁶.

У процесі проведення теоретичних та експериментальних досліджень основним об'єктом вивчення була технологія сухого напівфабрикату на основі олеогелів^{17, 18}. Предметом досліджень виступали рецептурні композиції для отримання сухого напівфабрикату на основі олеогелів (табл. 2), а також десертна продукція, виготовлена з його використанням.

Таблиця 2

Склад сухого напівфабрикату на основі олеогелів

Найменування сировини	Характеристика сировини
Олія соняшникова рафінована дезодорована	Рослинні олії – це олії, які добуваються з різних частин рослин і складаються в основному (на 95–97%) з тригліцеридів вищих жирних кислот. Сировина, що використовується у виготовленні продукції, має низьку вологість низький відсоток окислення, може використовуватись у різних видах продукції, збільшує термін реалізації продукції.
Цукор білий	Важливий структуроутворюючий компонент більшості кондитерських виробів і фруктових підварок. Він є наповнювачем маси і забезпечує текстуру молочних десертів.
Моно- та дигліцериди жирних кислот	E471 – харчова добавка, яка використовується у ролі стабілізатора та емульгатора. Основне призначення такої добавки – отримання з речовин, які в природі не змішуються, однорідної маси.
Лецитин	Лецитин – речовина, що має сильні поверхнево-активні властивості, завдяки чому часто використовується як харчова добавка-емульгатор.
Каррагінан	Каррагінани широко застосовуються як стабілізатори в'язкості, гелеутворювачі.
Фосфат кальцію	Харчова добавка E341 використовується в харчовій промисловості як стабілізатор, регулятор кислотності, розпушувач, фіксатор забарвлення.
Ванілін	Використовується для надання ванільного аромату харчовим продуктам і напоям.
β-каротин	Барвник

¹⁶ Андреева С., Діхтяр А., Грінченко О., Пивоваров Ю., Колеснікова М., Омельченко С., Котляр О. Розробка технології кремів з використанням гідроколідів. *EUREKA: Life Sciences*, 2021. (6), 34–42. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.002187>

¹⁷ Технологія напівфабрикату сухого збивного жиромісного : монографія / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко, С. Б. Омельченко. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2017. 138 с.

¹⁸ Goralchuk A., Gubsky S., Tereshkin O., Kotlyar O., Omel'chenko S., & Tovma L. Development of a theoretical model for obtaining the whipped emulsions from a dry fat-containing mixture and its experimental verification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. 2(10 (86), 12–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98322>

Для наукового обґрунтування технології піноподібних десертів із застосуванням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів необхідним є проведення комплексу експериментальних досліджень. Такі дослідження повинні бути спрямовані на визначення впливу технологічних чинників на фізико-хімічні, реологічні та структурно-механічні властивості модельних систем і готової десертної продукції.

На першому етапі встановлено час збивання розчиненої суміші на піноутворюючу здатність та стійкість піни (рис. 2) «сухий напівфабрикат–вода».

Дослідження проводились у діапазоні часу 1...10 хв. з температурою води 70°C. Одержані дані свідчать, що раціональний час збивання становить $(3...6) \times 60^{-1}$, с, за якого піноутворююча здатність становить $780 \pm 1\% ... 810 \pm 1\%$, подальше збивання є неефективним, оскільки спостерігається незначне збільшення ПЗ. Також одержані дані свідчать, що за часу збивання більш ніж 9×60^{-1} , с, спостерігається зменшення стійкості, що, на наш погляд, спричинено механічним руйнуванням пінного каркасу.

З метою визначення впливу стабілізаторів на піноутворюючу здатність та граничну напругу зсуву піни вивчено їх на ПЗ та ГНЗ піни.

Аналіз отриманих результатів (рис. 3) свідчить про суттєву зміну властивостей пінної системи залежно від концентрації сухого крохмалю. Встановлено, що зі збільшенням вмісту стабілізатора показник піноутворюючої здатності поступово знижується. Так, за початкової концентрації крохмалю 5% піноутворююча здатність зменшується

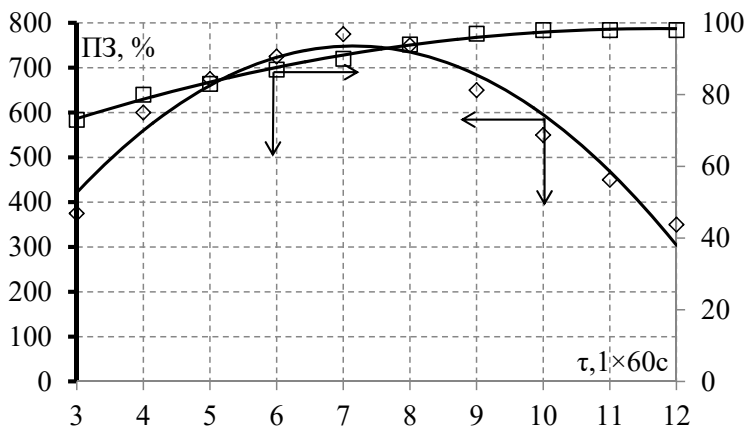


Рис. 2. Залежність ПЗ (□) та СП (◇) СЖН від часу збивання

приблизно у 3,5 раза, а у подальшому підвищенні концентрації спостерігається її зниження майже у 14 разів. Отримані результати свідчать про високу водозв'язувальну здатність крохмалю, що призводить до зменшення кількості вільної вологи у системі та негативно впливає на процес піноутворення після введення стабілізатора.

Встановлено, що в діапазоні концентрацій 5–15% сухий крохмаль характеризується інтенсивним водопоглинанням. У разі внесення його до збитої пінної системи спостерігається зниження піноутворюючої здатності, проте одночасно відбувається підвищення структурної міцності піни. Зокрема, за концентрації стабілізатора понад 5% показник стійкості піни становив $91 \pm 1\%$, а гранична напруга зсуву досягала 1550 ± 1 Па, що свідчить про зміцнення структури пінної системи та підвищення її стабільності.

З метою визначення впливу стабілізатора – крохмалю холодного набухання на піноутворюючу здатність та граничну напругу зсуву піни вивчено вплив крохмалю холодного набухання у гідратованому вигляді на ПЗ та ГНЗ піни (рис. 4).

У результаті проведених досліджень встановлено, що введення гідратованого крохмалю холодного набухання до складу збитого сухого напівфабрикату призводить до зниження піноутворюючої здатності системи. Зокрема, у разі внесення крохмалю у різних концентраціях показник ПЗ у середньому зменшується на 31%. Таке явище пояснюється високою водоутримувальною здатністю крохмалю, внаслідок чого

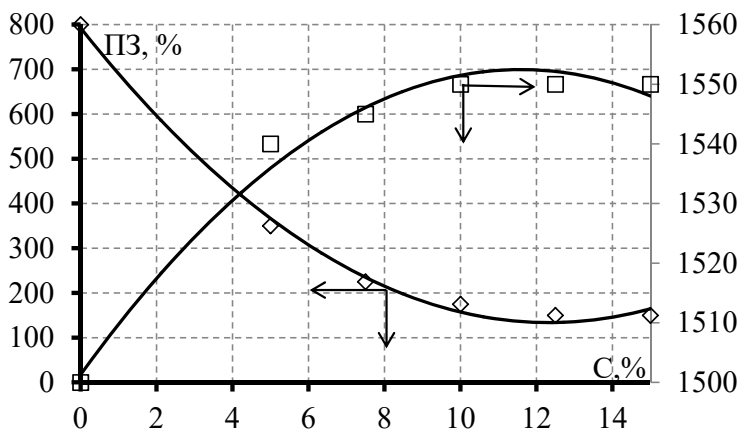


Рис. 3. Залежність ПЗ (◇) та ГНЗ (□) СЖН від вмісту крохмалю холодного набухання, введенного у сухому вигляді

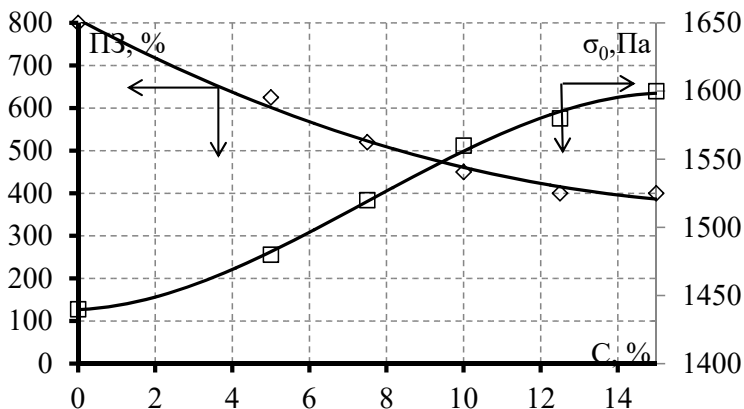


Рис. 4. Залежність ПЗ (◇) та ГНЗ (□) СЖН від вмісту крохмалю холодного набухання у гідратованому вигляді

знижується кількість вільної води, необхідної для ефективного формування пінної структури.

Разом із тим встановлено, що використання крохмалю холодного набухання позитивно впливає на структурно-механічні характеристики пінної системи. Найбільш раціональною визначено концентрацію 5%, за якої спостерігалось підвищення стійкості піни до $94 \pm 1\%$, а показник граничної напруги зсуву досягав 1600 кПа. Отримані результати свідчать про зміцнення структури пінної системи та підвищення її стабільності у разі використання оптимальної концентрації стабілізатора.

З метою визначення впливу мальтодекстрину на піноутворюючу здатність та граничну напругу зсуву піни було також досліджено вплив мальтодекстрину у сухому вигляді на показники ПЗ та ГНЗ пінної системи (рис. 5).

Аналіз результатів досліджень (рис. 5) показав, що мальтодекстрин є не досить ефективним стабілізатором для такої пінної системи. Встановлено, що у разі внесення мальтодекстрину у кількості 37,5; 50 та 62,5% спостерігається поступове зниження піноутворюючої здатності системи. Отримані результати свідчать, що мальтодекстрин не забезпечує формування необхідної в'язкості пінної системи та характеризується значним виділенням води під час зберігання.

Разом із тим встановлено, що введення мальтодекстрину позитивно впливає на окремі структурно-механічні показники піни. Так, стійкість піни становила $92 \pm 1\%$, а показник граничної напруги зсуву досягав

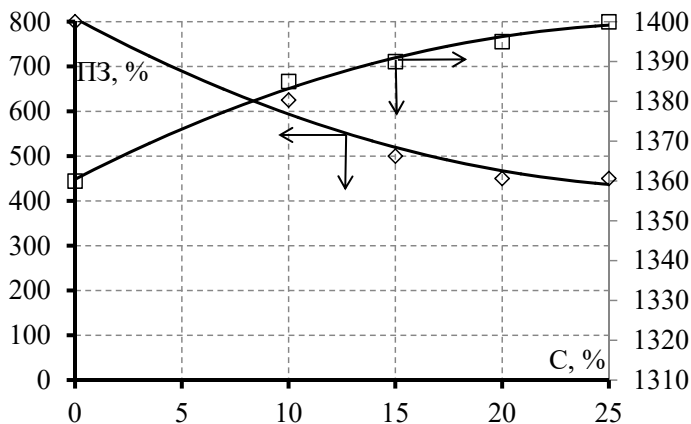


Рис. 5. Залежність ПЗ (◇) та ГНЗ (□) СЖН від вмісту мальтодекстрину

1400 кПа. Проте недостатня здатність до утримання вологи та зниження піноутворюючої здатності обмежують можливість його використання як основного стабілізатора у технології піноподібної десертної продукції.

З метою визначення впливу фонду холодного набухання на піноутворюючу здатність та граничну напругу зсуву пінної системи було досліджено його вплив у гідратованому вигляді на показники ПЗ та ГНЗ піни (рис. 6).

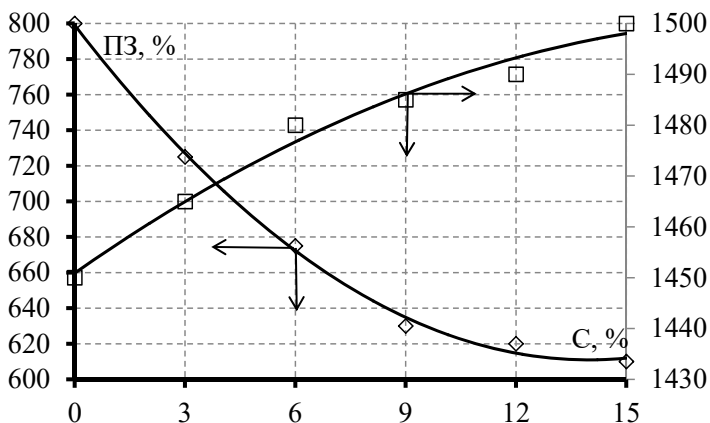


Рис. 6. Залежність ПЗ (◇) та ГНЗ (□) СЖН від вмісту фонду

У ході досліджень встановлено, що показники піноутворюючої здатності та граничної напруги зсуву відновлених сумішей змінювалися нерівномірно залежно від концентрації внесеного фонду. Так, у разі збільшення кількості стабілізатора у системі максимальне значення піноутворюючої здатності спостерігалось за концентрації 3% і становило $700 \pm 1\%$, тоді як за концентрації 15% цей показник знижувався до $610 \pm 1\%$.

Водночас аналіз стійкості піни показав, що найвищі показники стабільності спостерігались саме у разі внесенні 15% фонду холодного набухання. Раціональними технологічними показниками характеризувалась система у разі концентрації стабілізатора 3%, де стійкість піни становила $87 \pm 1\%$, гранична напруга зсуву – 1500 кПа, а піноутворююча здатність залишалась на досить високому рівні.

З метою визначення впливу стабілізатора желатину харчового на піноутворюючу здатність та граничну напругу зсуву піни вивчено вплив желатину у гідратованому вигляді на ПЗ та ГНЗ піни (рис. 7).

Результати досліджень процесу збивання відновленого сухого напівфабрикату з використанням желатину свідчать про зміну структурно-механічних характеристик системи залежно від концентрації стабілізатора. Встановлено, що у разі внесення 3% желатину піноутворююча здатність знижувалась на 8% та становила $670 \pm 1\%$, тоді як у разі концентрації 4% цей показник зменшувався на 7% і становив $650 \pm 1\%$.

Незважаючи на незначне зниження піноутворюючої здатності, введення желатину позитивно впливало на стабільність та міцність пінної

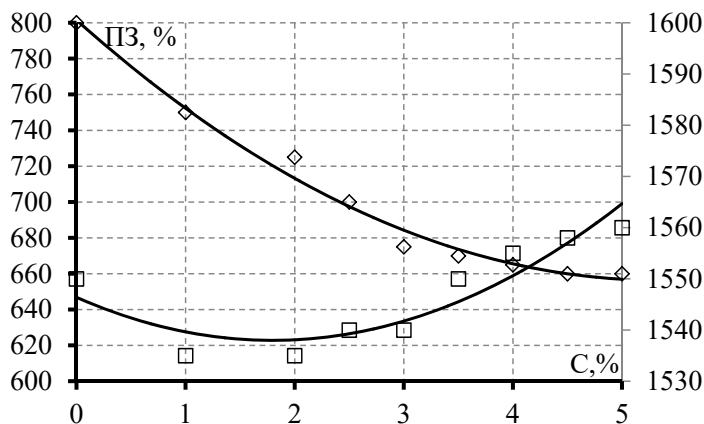


Рис. 7. Залежність ПЗ (◇) та ГНЗ (□) СЖН від вмісту желатину у гідратованому вигляді

структури. Найбільш раціонально визначено концентрацію желатину 3%, за якої спостерігались оптимальні технологічні показники: стійкість піни становила 95%, а гранична напруга зсуву досягала 1560 кПа. Крім того, саме за цієї концентрації система характеризувалась найбільш збалансованим поєднанням піноутворюючої здатності та структурної стабільності.

Отримані результати, ймовірно, пов'язані зі здатністю желатину формувати просторову структуровану сітку та утримувати вологу у міжплівковому просторі пінної системи. Завдяки цьому забезпечується зміцнення плівкового каркаса піни та підвищення її стійкості під час зберігання.

Проведені дослідження дозволили встановити раціональний стабілізатор для пінної системи на основі відновленого сухого напівфабрикату. За результатами експериментальних досліджень визначено, що найбільш ефективним структуроутворювачем є желатин у концентрації 3%, оскільки саме за таких умов система характеризувалась оптимальним поєднанням піноутворюючої здатності, стійкості піни та граничної напруги зсуву.

Водночас встановлено, що інші досліджувані структуроутворювачі також можуть бути використані у технології продукції з пінною структурою. Зокрема, застосування фондів та інших стабілізаторів є доцільним у виробництві кремів, мусів та десертів різного функціонального призначення, де важливу роль відіграють специфічні органолептичні характеристики, консистенція та текстура готового продукту. Це свідчить про можливість варіювання рецептурного складу залежно від технологічного призначення та споживчих властивостей десертної продукції.

4. Розробка технології десертної продукції з використанням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів

На основі аналізу експериментальних даних, наведених у попередніх підрозділах, було розроблено проєкт рецептурного складу та технологічного процесу виробництва десертної продукції з пінною структурою із використанням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів. Формування рецептур здійснювалось з урахуванням функціонально-технологічних властивостей компонентів, їх здатності забезпечувати стабільність пінної системи, необхідні структурно-механічні показники та високі органолептичні характеристики готової продукції.

Особливу увагу приділено підбору сировини, що дозволяє розширити асортимент піноподібної десертної продукції та сформувати лінійку виробів різного функціонального призначення. Використання сухих

напівфабрикатів на основі олеогелів сприяє підвищенню стабільності пінної структури, покращенню консистенції та оптимізації технологічного процесу виробництва.

До асортиментного ряду продукції, виготовленої на основі розроблених напівфабрикатів, можуть бути віднесені муси, креми, аеровані десерти, вершкові начинки, десерти типу тірамісу, низькокалорійні пінні системи, а також продукція функціонального призначення (рис. 8). Використання різних смако-ароматичних наповнювачів, фруктових порошків, какао-продуктів та молочно-білкової сировини дозволяє значно урізноманітнити асортимент готової продукції та адаптувати її до потреб сучасного ринку.

Результати проведених досліджень стали основою для розроблення рецептурного складу (табл. 3) та технологічної схеми виробництва десертної продукції з пінною структурою із використанням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів (рис. 9). Розроблена технологія забезпечує отримання стабільних пінних систем із високими показниками піноутворення, стійкості та оптимальними структурно-механічними властивостями готової продукції.



Рис. 8. Продукція, яка сприяє розширенню асортименту піноподібної десертної продукції

Таблиця 3

Проект рецептурного складу десертної продукції з пінною структурою з використанням сухих напівфабрикатів на основі олеогелів

Найменування сировини	Десерт «Солодка насолода»
Сухий напівфабрикат на основі олеогелів	24,9
Вода питна підготовлена	100,0
Цукор білий кристалічний	2,0
Ванільний цукор	0,1
Желатин	3,0
Згущене молоко	20,0
Усього	154,0
Вихід	150,0

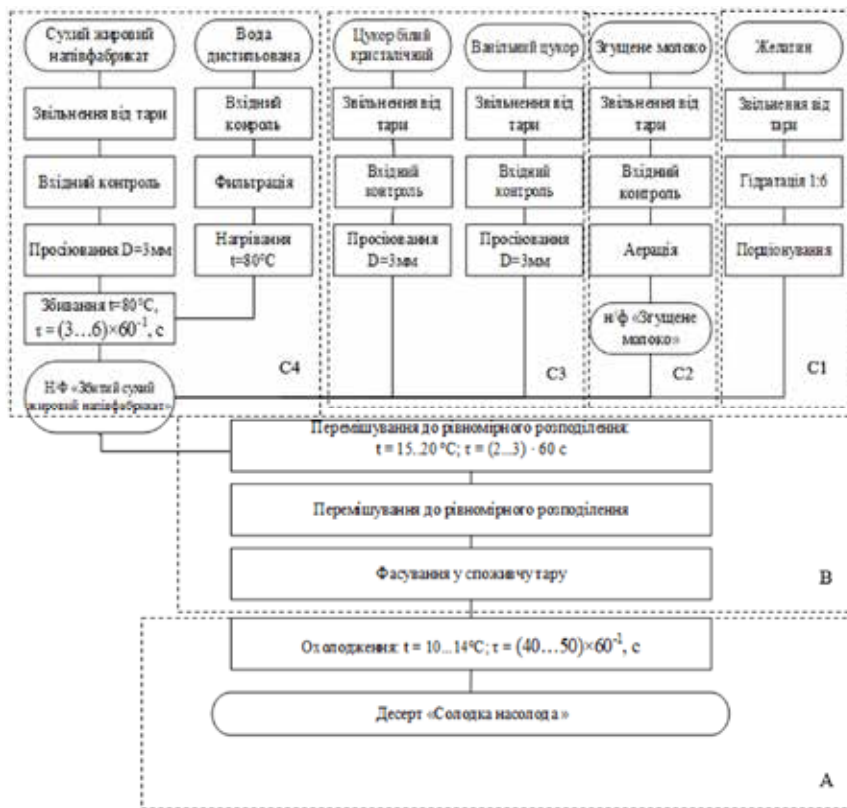


Рис. 9. Технологічна схема виробництва десерту «Солодка насолода»

Технологічний процес виробництва включає підготовку рецептурних компонентів, відновлення сухого напівфабрикату, введення стабілізуючих систем, процес збивання та аерації, структуроутворення, охолодження і фасування готової продукції. Важливим етапом є контроль параметрів збивання та температурного режиму, що безпосередньо впливають на стабільність пінної структури та якість готового десерту.

Отримані результати свідчать про перспективність використання сухих напівфабрикатів на основі олеогелів у технології десертної продукції та доцільність подальших досліджень у напрямі вдосконалення рецептурного складу, оптимізації технологічних параметрів та розширення асортименту піноподібних десертів нового покоління.

Технологічний процес виробництва десерту з пінною структурою на основі сухого напівфабрикату на основі олеогелів складається з таких систем (рис. 9). А – «Утворення цільового продукту «Десерт», В – «Утворення напівфабрикату «Пінний десерт зі згущеним молоком»», С1 – «Утворення напівфабрикату «Желатин підготовлений»», С2 – «Утворення напівфабрикату «Згущене молоко»», С3 – «Утворення напівфабрикату «Ванілін підготовлений»», С4 – «Утворення напівфабрикату «Сухий жировий напівфабрикат підготовлений»».

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано та експериментально доведено використання сухого напівфабрикату на основі олеогелів як основи для виробництва піноподібної десертної продукції масового споживання. Встановлені закономірності дозволили розробити технологію піноподібних десертів з використанням різних наповнювачів.

2. Аналітичний огляд інформаційних джерел, маркетинговий аналіз ринку піноподібної десертної продукції та узагальнення науково-технічної інформації підтвердили актуальність розробки продукції на основі сухого напівфабрикату на основі олеогелів. Актуальність розробки підтверджено аналізом потреб та вимог сучасного ринку товарів.

3. Доведено наукову концепцію дослідження, яка полягає в тому, що раціональні діапазони температур та концентрацій проведення гідратації, введення стабілізаційної системи та асортиментного складу дозволяє отримати стабільну продукцію з високими показниками піноутворюючої здатності та органолептичними властивостями. Встановлено, що використання системи гідратації та збивання суміші з послідовним додаванням стабілізаційних речовин у якості желатину харчового у концентрації 1,5...3%, крохмалю гідратованого та сухого 5%, мальтодекстрину 7...10%, фондів 3%, використання якої забезпечує стійкість піни за 24 години $97 \pm 1\%$. Стабілізована пінна система дає можливість введення значної кількості різноманітних наповнювачів.

4. Науково обґрунтовано технологію піноподібної десертної продукції на основі сухого напівфабрикату на основі олеогелів з використанням стабілізаційних систем та асортиментних одиниць.

АНОТАЦІЯ

У монографії розглянуто теоретичні та практичні аспекти використання сухих напівфабрикатів на основі олеогелів у технології піноподібної десертної продукції. Проведено аналіз сучасного стану ринку десертної

продукції, визначено тенденції розвитку сегменту піноподібних десертів та обґрунтовано доцільність використання сухих напівфабрикатів для їх одержання.

У роботі досліджено особливості формування пінних та піноемульсійних систем, механізми стабілізації пін, а також вплив структуроутворювачів і стабілізаторів на фізико-хімічні та структурно-механічні властивості піноподібної продукції. Науково обґрунтовано рецептурний склад і технологію виробництва десертної продукції з пінною структурою на основі сухих напівфабрикатів з використанням олеогелів. Встановлено, що найбільш ефективним структуроутворювачем для стабілізації пінної системи є желатин у концентрації 3%, що забезпечує високі показники піноутворення, стійкості та структурної міцності готової продукції. Розроблено технологію десертної продукції з використанням сухого напівфабрикату на основі олеогелів.

Практична цінність монографії полягає у розробленні технологічних рішень щодо використання сухих напівфабрикатів на основі олеогелів у виробництві десертної продукції масового споживання, що дозволяє підвищити якість, стабільність та конкурентоспроможність готових виробів, а також розширити асортимент продукції для закладів ресторанної індустрії.

Література

1. Dessert Mixes Market Size, Share, and Growth Analysis. *SkyQuest Technology*. 2025. URL: https://www.skyquestt.com/report/dessert-mixes-market?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 18.05.2026).
2. Dairy Desserts Market Size and Share Outlook to 2031. *Mordor Intelligence*. 2026. URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-dairy-desserts-market?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 18.05.2026).
3. Murray B. S. Stabilization of foams and emulsions by mixtures of surface active food-grade particles and proteins. *Food Hydrocolloids*. 2011. Vol. 25(4). P. 627–638. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.07.025.
4. Goralchuk A., Gubsky S., Omelchenko S., Riabets O., Grinchenko O., Fedak N., Kotlyar O. Impact of added food ingredients on foaming and texture of whipped toppings: a chemometric analysis. *European Food Research and Technology*. 2020. Vol. 246(10). P. 1955–1970. DOI:10.1007/s00217-020-03547-3.
5. Patel A. R., Dewettinck K. Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food & Function*. 2016. Vol. 7(1). P. 20–29. DOI: 10.1039/C5FO01006C.

6. Fayaz G., Calligaris S., Nicoli M. C. et al. Potential of oleogel technology in food applications. *Food Research International*. 2017. Vol. 100. P. 467–476. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.05.018.
7. Wassell P., Rajah K. *Bakery Fats*. Cambridge : Woodhead Publishing, 2014. 408 p.
8. McClements D. J. *Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques*. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2015. 714 p. DOI: 10.1201/b18868.
9. Dr. Oetker Україна. Збиті десерти та сухі суміші. URL: <https://www.oetker.com.ua/>
10. Metro Chef. Суміші для десертної продукції. URL: <https://shop.metro.ua/>
11. Patel A. R. Alternative routes to oil structuring via oleogelation : a review. *Food Research International*. 2015. Vol. 76. P. 448–460.
12. Puscas A., Muresan V., Socaciu C., Muste S. Oleogels in Food: A Review of Current and Potential Applications. *Foods*. 2020, 9, 70. DOI: 10.3390/foods9010070
13. Ropciuc S., Amariei S., Gutt G. Development and Characterization of New Plant-Based Ice Cream with Oleogels. *Gels*. 2024. Vol. 10, № 6. <https://doi.org/10.3390/gels10060397>
14. Ferdaus M. J., Islam M. T., Hasan M. et al. Characteristics and Functional Properties of Bioactive Oleogels. *Gels*. 2025. Vol. 11, № 1. <https://doi.org/10.3390/gels11010069>
15. Asqardokht-Aliabadi A., Mohammadzadeh Milani J. Application of oleogelators in bakery products: A comprehensive review. *Applied Food Research*. 2026, Vol. 6, Is. 1. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101610>
16. Андреева С., Діхтяр А., Грінченко О., Пивоваров Ю., Колеснікова М., Омельченко С., Котляр О. Розробка технології кремів з використанням гідроколоїдів. *EUREKA: Life Sciences*, 2021. (6), 34–42. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.002187>
17. Технологія напівфабрикату сухого збивного жировмісного : монографія / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко, С. Б. Омельченко. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2017. 138 с.
18. Goralchuk A., Gubsky S., Tereshkin O., Kotlyar O., Omel'chenko S., & Tovma L. Development of a theoretical model for obtaining the whipped

emulsions from a dry fat-containing mixture and its experimental verification.
Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. 2(10 (86), 12–19.
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98322>

Information about the author:

Kotliar Oleh Volodymyrovych,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Food Technology

in the Restaurant Industry

State Biotechnological University

44, Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

**FERMENTATION OF VICIA FABA BEAN PROTEIN
CONCENTRATE FOR THE DEVELOPMENT
OF PLANT-BASED BEVERAGES**

Litvinov A. O.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-5>

INTRODUCTION

The contemporary transformation of food systems is driven by global challenges associated with ensuring food security, population growth, climate change, and the imperative for rational natural resource management. Under these conditions, identifying alternative protein sources capable of providing the population with high-quality food products while simultaneously mitigating the environmental burden on ecosystems becomes of paramount importance. One of the most promising avenues entails utilizing plant proteins, specifically those derived from grain legume crops, to manufacture next-generation functional food products¹.

Over the past decade, the global market for plant-based alternatives to traditional dairy products has demonstrated consistent growth. The heightened demand for plant-derived commodities is driven not only by the popularization of vegan, vegetarian, and flexitarian dietary models but also by an increasing cohorts of consumers exhibiting lactose intolerance or allergies to bovine milk proteins, alongside a general orientation toward a healthy lifestyle². Fermented plant-based beverages are garnering exceptional interest, as they seamlessly combine the inherent benefits of plant matrices with the positive impacts of biotechnological fermentation on the nutritional and biological value of the finished product.

¹ Prevalence of lactose intolerance and nutrients intake in an older population regarded as lactase non-persistent / E. Dewiasty, S. Setiati, R. Agustina et al. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2021. Vol. 43. P. 317–321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.03.033>.

² A review on current scenario and key challenges of plant-based functional beverages / N. Sharma, N. Yeasmen, L. Dube, V. Orsat. *Food bioscience*. 2024. Vol. 60. Art. 104320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104320>.

Among a broad spectrum of grain legumes, faba beans (*Vicia faba* L.) attract substantial scientific attention. They are characterized by a high protein content that can reach 30–35%, a favorable amino acid profile, and substantial amounts of dietary fibers, vitamins, and minerals. Compared to alternative plant protein sources, notably soybeans, *Vicia faba* possesses several distinct advantages, including lower allergenicity, suitability for cultivation in temperate climatic zones, high crop yields, and a positive impact on soil fertility due to its nitrogen-fixing capacity. Furthermore, the manufacturing of protein ingredients from faba beans exhibits a lower carbon footprint and reduced resource consumption compared to the production of animal-derived proteins³.

Advanced processing of *Vicia faba* beans yields protein concentrates and isolates with elevated protein concentrations, which can be utilized as functional ingredients across diverse food matrices. Due to their capacity for emulsification, foam formation, water binding, and the development of structured networks, faba bean proteins represent a highly viable raw material for alternative dairy production. Concurrently, the widespread integration of legume protein concentrates into food technologies is constrained by several restrictive factors, including a native “beany” off-flavor and aroma, limited protein solubility, and insufficiently explored mechanisms governing the development of consumer properties in the finished products.

Biotechnological fermentation stands out as one of the most effective methods for modifying the functional, technological, and sensory characteristics of plant proteins. Microbial action triggers complex biochemical transformations that facilitate partial protein and carbohydrate hydrolysis, reduction of antinutritional factor concentrations, improvement of protein digestibility, and the generation of a more appealing flavor and aroma profile⁴. Moreover, fermentation is capable of enhancing the bioavailability of specific nutritional components and promoting the synthesis of biologically active compounds, thereby expanding options for designing health-promoting functional commodities.

Despite a substantial volume of literature dedicated to the fermentation of soy-based products, utilizing *Vicia faba* proteins for the manufacturing of fermented alternative beverages remains an under-researched area. Investigating the effects of the fermentation process on the properties of faba bean protein concentrates, the formation of beverage texture and sensory characteristics, as

³ Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges: A review / I. Ahmad, M. Hao, Y. Li et al. *Trends in food science & technology*. 2022. Vol. 129. P. 558–580. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>.

⁴ A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.) / S. B. Dhull, M. K. Kidwai, R. Noor et al. *Legume Science*. 2022. Vol. 4. No. 3. Art. e129. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.129>.

well as establishing optimal microbial cultivation parameters to achieve high-quality yields, is of particular relevance.

Consequently, exploring the fermentation processes of *Vicia faba* bean protein to design alternative beverages constitutes a timely scientific and practical task. This research is directed toward diversifying the assortment of functional plant-derived commodities, enhancing the utilization efficiency of domestic plant raw materials, and satisfying modern consumer demands for healthy nutrition.

The aim of this work is to investigate the technological conditions for the fermentation of *Vicia faba L.* bean protein and to evaluate the feasibility of its application in developing fermented plant-based dairy analogues with enhanced organoleptic, nutritional, and functional properties.

The object of the research encompasses the regularities of the lactic acid fermentation process of *Vicia faba L.* protein concentrate for the development of plant-based beverages.

The subject of the research comprises *Vicia faba L.* bean protein concentrate, a bacterial α -amylase enzyme preparation, starter cultures, and the physical-chemical and organoleptic indicators of the fermented beverage.

To evaluate the fermentation process, a protein concentrate manufactured from *Vicia faba L.* beans via a “dry processing method” was utilized. The hydrolytic enzyme preparation used was a thermostable α -amylase, Termamyl (produced by “Novozymes”), while the bacterial starter cultures included Iprovit-Kefir, Iprovit-Symbilact, Iprovit-Vitalact, Iprovit-BTA (supplemented with bifidobacteria), Iprovit-Yogurt, and Iprovit-Streptoson, all of which were standardized in accordance with state regulatory requirements⁵. The hydrolysis of starch, which occurs as an impurity within the protein concentrate structure, was conducted under laboratory conditions using a conventional thermostat as well as within an ultra-high-frequency electromagnetic field using a Panasonic microwave oven operating at a maximum power of 900 W. The total content of reducing substances (RS) expressed in g/dm³ of the product was quantified using the Willstätter-Schudl method; total acidity was determined via standard titrimetric analysis, and the free amino nitrogen (FAN) content was measured using the ninhydrin method⁶.

⁵ ТУ У 15.5-00419880-10:2010. Культури заквашувальні сухі та рідкі. НААН України, Інститут продовольчих ресурсів. Київ, 2010.

⁶ Free Amino Nitrogen (International Method) / Technical Committee A. ASBC Methods of Analysis. St. Paul, MN : American Society of Brewing Chemists, 2011.

1. *Vicia faba* L. beans as a promising raw material for the production of plant-based fermented products

The projected increase in the global population to 9 billion people by 2050 necessitates a profound revision of protein nutrition structures and the discovery of innovative technological paths for processing renewable raw materials. Currently, the primary foundation for plant-based milk analogues is established by soy and various nuts (such as almond, cashew, and coconut). However, nut raw materials involve high initial production costs, and their concentration in finished beverages typically does not exceed 5%, which keeps the final protein level critically low (under 0.2 g per 100 g)⁷. Soy protein, while nutritionally complete and functional, encounters consumer skepticism due to its high allergenicity and the mass utilization of genetically modified lines of this crop⁸.

In this regard, faba beans (*Vicia faba* L., also known as broad or field beans) emerge as a highly viable alternative. Due to their large seed size, ease of dehulling compared to chickpeas or lentils, and minimal lipid content, this crop represents an ideal object for advanced deep processing technologies aimed at extracting protein concentrates. The chemical composition of dry matter in faba beans demonstrates clear advantages in protein content compared to other widely distributed legumes (Table 1).

Table 1

Approximate composition of faba beans compared to peas and soybeans (g/100 g dry matter)⁹

Beans	Proteins	Carbohydrates	Fats	Ash
Faba beans	27.6	66	1.4	3.4
Peas	23.4	63.5	1.6	3
Soybeans	40	28.6	19.7	5.2

The fatty acid spectrum of *Vicia faba* L. lipids is predominantly composed of mono- and polyunsaturated fatty acids, specifically oleic and linoleic acids. These fractions exert a beneficial effect on the human blood lipid profile, notably stimulating the synthesis of high-density lipoproteins (HDL), which serves as an

⁷ Технологічні та економічні аспекти застосування бобових в технологіях харчової продукції: міні-огляд / В. В. Дегтяр, А. Е. Радченко, Н. Г. Гринченко, О. О. Гринченко. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. Vol. 31. № 4. С. 886–896. DOI: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i4.287753>.

⁸ Nutritional quality of protein flours of fava bean (*Vicia faba* L.) and in vitro digestibility and bioaccessibility / V. A. Ayala-Rodríguez, A. A. López-Hernández, M. L. C. Lomelí et al. *Food Chemistry: X*. 2022. Vol. 14. Art. 100303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100303>.

⁹ Labba I. C. M. Nutritional and antinutritional composition of fava bean (*Vicia faba* L., var. minor) cultivars / I. C. M. Labba, H. Frøkiær, A. S. Sandberg. *Food Research International*. 2021. Vol. 140. Art. 110038. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110038>.

essential factor in preventing cardiovascular pathologies. The mineral complex of the beans is characterized by significant concentrations of potassium, iron, and zinc, combined with a low sodium level, presenting an added benefit for specialized dietary nutrition. Beyond starch, the carbohydrate fraction contains a substantial amount of dietary fibers. They exhibit a pronounced prebiotic effect: passing transit through the upper sections of the gastrointestinal tract, these fibers are fermented by the colon microflora to generate short-chain fatty acids, which effectively suppress the proliferation of pathogenic microorganisms.

According to Osborne’s classification, the protein fraction of *Vicia faba* L. consists primarily of salt-soluble globulins (69.5%–78.1%) and alkali-soluble glutelins (12.0%–18.4%), whereas the proportions of water-soluble albumins and alcohol-soluble prolamins are negligible¹⁰. The amino acid profile of the total protein is characterized by elevated levels of lysine, leucine, threonine, and arginine; however, consistent with most legumes, it exhibits a deficit in sulfur-containing amino acids (methionine and cysteine) as well as tryptophan (Table 2). This nutritional limitation is easily overcome by designing composite formulations with cereal crops that possess a highly complementary amino acid spectrum.

Table 2

**Amino acid composition of faba beans compared to peas and soybeans
(g/100 g protein)¹¹**

Amino acids	Faba beans	Peas	Soybeans
1	2	3	4
Histidine	2.41	2.52	2.91
Isoleucine	3.94	3.33	4.6
Leucine	7.47	6.58	7.76
Lysine	7.08	6.84	7.08
Methionine	0.87	1.03	1.29
Cysteine	1.33	1.55	1.19
Phenylalanine	4.19	4.19	5.87
Tyrosine	2.78	3.16	3.65
Threonine	3.4	3.59	3.69
Tryptophan	0.87	0.94	1.38

¹⁰ Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour / K. A. Millar, E. Gallagher, R. Burke et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019. Vol. 82. Art. 103233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>.

¹¹ Oluwajuyitan T. D. Amino acid profile, peptide size distribution, antioxidant effect, and enzyme inhibitory activities of fava bean (*Vicia faba*) protein hydrolyzates / T. D. Oluwajuyitan, D. Kadam, R. E. Aluko. *International Journal of Food Properties*. 2025. Vol. 28. No. 1. Art. 2466575. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2025.2466575>.

Continuation of table 2

1	2	3	4
Valine	4.31	3.89	4.64
Arginine	9.46	6.84	8.86
Alanine	4.15	4.27	4.39
Aspartic acid	10.74	10.68	11.98
Glutamic acid	16.51	16.92	17.88
Glycine	4.73	4.32	4.2
Proline	3.94	3.76	4.92
Serine	4.69	4.79	4.77

Based on the sedimentation coefficient, the dominant globulins are classified into hexameric legumins (11S), comprising up to 55% of the total seed protein, and trimeric glycosylated vicilins (7S). The ratio of the 11S/7S fractions directly establishes the functional and technological attributes of the resulting concentrates. Legumins exhibit a higher denaturation temperature (95.4 °C) than vicilins (83.8 °C), which surpasses the corresponding values of soy and pea proteins, thereby ensuring excellent thermal stability of colloid systems formulated from these beans¹². *Vicia faba L.* proteins display strong potential for gelation, emulsification, and the stabilization of disperse systems, which is critically important for forming a smooth, uniform texture in plant-based yogurts, fermented dairy alternatives, and beverages.

However, the successful realization of this structural potential requires overcoming several biochemical and technological barriers. The primary flaw of the raw material is its specific “beany” or herbaceous aroma and a bitter aftertaste. These arise from the oxidation of linoleic acid residues catalyzed by the lipoxygenase enzyme, yielding volatile aldehydes and ketones (predominantly hexanal). A secondary obstacle involves the presence of antinutrients (tannins, phytic acid, and protease inhibitors), along with the glycosides vicine and convicine, which impair the absorption of essential micronutrients and lower the efficiency of gastric proteolysis.

The adoption of traditional processing methodologies (such as soaking, germination, and extended thermal treatment) only partially minimizes the concentration of antinutritional compounds, while potentially inducing

¹² Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns / A. A. Paul, S. Kumar, V. Kumar, R. Sharma. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020. Vol. 60. No. 18. P. 3005–3023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>.

protein denaturation and severely reducing solubility¹³. Consequently, directed lactic acid fermentation serves as the most effective strategy for targeted biotechnological modification. Driven by the enzymatic apparatus of the starter cultures, partial macromolecular hydrolysis, breakdown of antinutritional components, and a transformation of the volatile compound profile occur. This minimizes the intensity of the unwanted beany flavor, enhances the rheological properties of the protein matrix, and results in a next-generation plant-based product characterized by superior sensory attributes and heightened nutrient bioavailability.

2. Investigation of the fermentation of *Vicia faba* bean protein concentrate

The development of scientific and practical foundations for utilizing plant-based raw materials in fermented beverage technologies is anchored in the foundational works of numerous domestic and international scientists, including O. Vitriak, V. Hnitsevykh, S. Nevmyvanyis, A. Petryna, N. Prytul'ska, I. Romanchuk, A. Trubnikova, Yu. Savchuk, A. Serenko, T. Yudina, A. Almnuri, M. Tangyu, M. Youssef, and others.

Despite a substantial volume of scientific research, plant-derived proteins remain underutilized and have limited industrial applications in the food sector. Currently, systematic scientific investigations focusing specifically on the technology of fermented plant-based beverages utilizing legume protein concentrates are lacking in Ukraine.

The innovative concept of this study lies in establishing a scientifically substantiated technology for fermented beverages using *Vicia faba* processing products, specifically a protein concentrate that serves as the protein base for forming a plant dispersed system. It is anticipated that the integration of this ingredient will facilitate the creation of a product with elevated plant protein concentrations while establishing a structural matrix highly susceptible to further targeted biotechnological modification during fermentation.

The essence of the proposed innovative approach consists in coupling specialized technological methods of plant substrate preparation with controlled microbial fermentation, thereby enabling precise control over the physical-chemical and organoleptic transformations of the finished matrix. This strategy supports the development of novel functional plant-based dairy analogues that align with modern nutritional safety and consumer standards.

¹³ Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value / M. Tangyu, J. Muller, C. J. Bolten, C. Wittmann. *Applied microbiology and biotechnology*. 2019. Vol. 103. No. 23. P. 9263–9275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>.

The operational framework of this innovative strategy is grounded in three fundamental principles. The first principle is the rational utilization of plant-derived protein raw materials, which mandates the maximum preservation of their native nutritional and biological value throughout the technological cycle. This is achieved by determining the optimal limits of processing parameters, preventing excessive, destructive thermal denaturation while preserving the key functional properties of the protein assemblies.

The second principle is the adaptation of processing modes of the plant protein system to the distinct operational conditions required for fermented food production. Thermal treatment, specifically pasteurization, represents a critical phase that ensures microbiological safety and early structural stabilization. The selection of these thermal limits must strictly accommodate the specific structural boundaries of the plant protein matrix, as excessive thermal exposure induces non-reversible aggregation and impairs the final texturological behavior.

The third principle of the innovative strategy implementation is the exploitation of fermentation processes as a highly efficient biotechnological instrument for altering the macro-composition and properties of the plant matrix. Fermentation drives the deep biochemical transformation of raw substrate constituents, accompanied by the accumulation of organic acids, free amino nitrogen compounds, and volatile metabolites that establish the target flavor, aroma, and bioavailability profiles¹⁴. Beyond this, fermentation can facilitate enhanced protein digestibility and heightened nutrient bioavailability.

Based on the synthesis of prior scientific literature and preliminary experimental trials, a working hypothesis was formulated, according to which utilizing *Vicia faba* bean protein concentrate as the foundation for plant-based beverages, when coupled with optimized enzymatic and microbial fermentation parameters, enables the generation of a stable system with significantly enhanced physical-chemical, structural-mechanical, and organoleptic properties.

To validate this hypothesis, a conceptual technological matrix for producing a fermented beverage based on *Vicia faba* L. protein concentrate was engineered. The generalized technological scheme of the process is shown in Figure 1.

The generalized technological architecture comprises the preparation of a protein suspension, treatment with a hydrolytic thermostable bacterial alpha-amylase preparation, stabilization via sterilization, cooling to the target inoculation temperature, culture inoculation, and subsequent multi-hour

¹⁴ Jiang L. Unlocking the microbial mechanisms in fermented bean products: Advances and future directions in multi-omics and machine learning approaches / L. Jiang, Y. Lu, H. Qu. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2026. Vol. 66. No. 7. P. 1364–1386. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2544764>.

fermentation. The primary focus was directed toward identifying the optimal processing configurations for raw suspension preparation.

The baseline plant substrate was formulated as an aqueous dispersion with a dry matter mass fraction of 6% by blending the dry-processed *Vicia faba* L. bean protein concentrate with water. Following mechanical homogenization, the suspension was inoculated with 1 mL of a bacterial alpha-amylase enzyme preparation (per 500 ml of total volume) to initiate the targeted enzymatic hydrolysis of the native starch fractions.

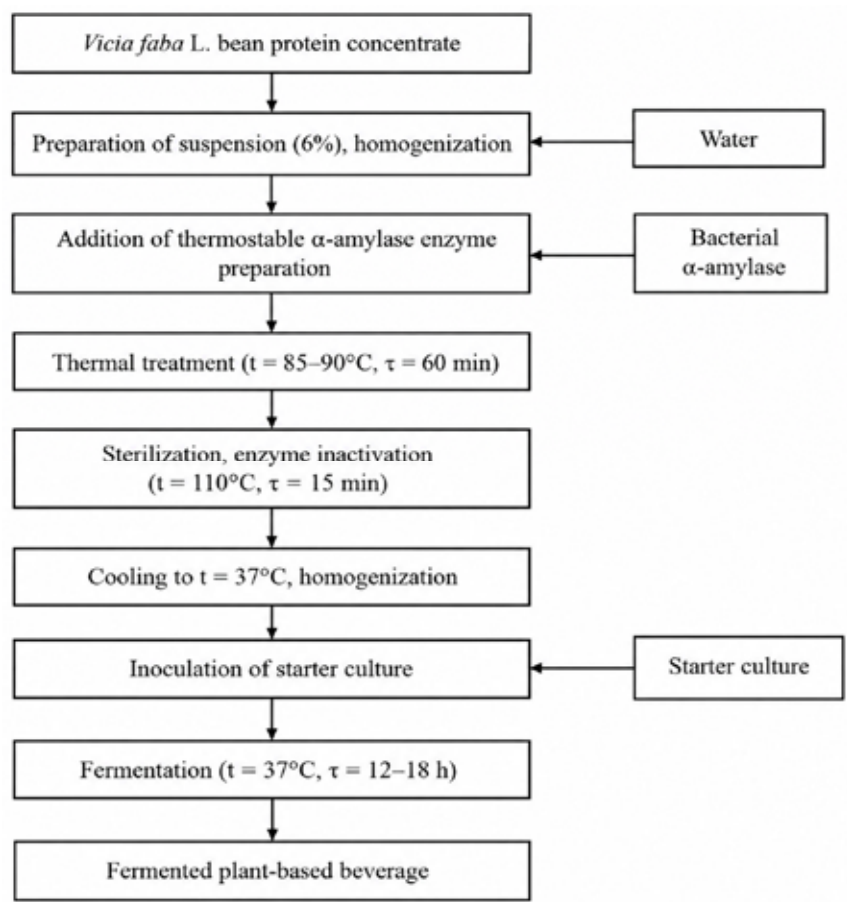


Fig. 1. Process flow diagram for the production of a fermented plant-based beverage from *Vicia faba* protein concentrate

The native faba bean protein concentrate contains approximately 10% starch as a structural impurity, which undergoes intense gelatinization at elevated temperatures in the presence of protein macro-assemblies, resulting in a highly viscous, paste-like consistency that seriously impedes downstream liquid processing. Furthermore, the development of a highly viscous, sticky starch gel network acts as a steric hindrance, disrupting proper protein-protein interactions and inhibiting the formation of a clean, acid-induced protein gel matrix. Consequently, such unrefined, gelatinized protein-starch systems display far lower texturological properties than traditional emulsion-based food gels. Therefore, the thermal processing of the protein suspension in the presence of alpha-amylase was targeted at reducing system viscosity via starch liquefaction into reducing sugars, optimizing the fermentation environment for the starter cultures, and reducing the native legume aroma.

The initial experimental stage involved a comparative validation of two distinct thermal processing setups for the protein-enzyme mixture: conventional heating using a water bath at 80–85 °C for 60 minutes versus electromagnetic microwave treatment performed in an ultra-high-frequency microwave field. The microwave treatment was applied to a 200 g aliquot of the suspension inside a glass vessel at an operating power of 900 W for a total duration of 6 minutes, utilizing discrete exposure cycles (30 seconds of heating followed by a 10 seconds mechanical stirring phase). During the microwave exposure, a continuous increase in foam generation was monitored once temperatures surpassed 7 °C, followed by an abrupt alteration in the structural aggregation state of the protein system within the 80–85 °C range. Aliquots were periodically sampled throughout both thermal operations to evaluate the accumulation kinetics of reducing substances (Table 3).

Table 3

Kinetics of reducing substance accumulation during the enzymatic hydrolysis of the faba bean protein suspension

№	Water Bath Thermal Treatment		Microwave Field Thermal Treatment	
	Hydrolysis Time, min	Reducing Substances, g/mL	Hydrolysis Time, min	Reducing Substances, g/mL
1	20	4.8	2	5.2
2	40	6.3	4	7.2
3	60	8.9	6	8.15

The experimental data indicated that both the water bath processing at 80 °C for 60 minutes and the microwave treatment were equally viable regarding their starch liquefaction efficiency; however, the drastic kinetic acceleration

achieved within the ultra-high-frequency microwave field was severely counterbalanced by negative physical phenomena, specifically uncontrolled foam destabilization and macro-protein aggregation.

Following the enzymatic liquefaction via alpha-amylase, the liquefied suspension was subjected to sterilization in an autoclave at 110 °C for 15 minutes. This phase achieved complete microbiological sterilization, enzyme inactivation, and the chemical thermal degradation of the key volatile compounds responsible for the native helical legume off-flavor. As a direct outcome of the sequential enzyme-thermal treatment, the visual profile of the suspension shifted from a yellowish cast to a milk-white appearance, accompanied by a major drop in the intensity of the beany odor. The subsequent microbial fermentation phase further transforms the organoleptic profile, as specific lactic acid bacteria utilize and metabolize native volatile aldehydes and ketones, notably reducing their concentrations. Strains such as *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei*, *Limosilactobacillus fermentum*, and *Streptococcus thermophilus* possess metabolic pathways capable of converting volatile green aldehydes into low-odor alcohols or organic acids, naturally refining the flavor profile¹⁵. Moreover, fermentation triggers structural modifications within the protein-polysaccharide complex, enhancing the matrix's capacity to bind volatile flavor components and reducing their overall volatility.

The prepared white protein base was subsequently cooled to 37 °C, inoculated with selected starter cultures, and subjected to an 18-hour incubation period.

The selection of appropriate bacterial ecosystems represents a core challenge in plant-based dairy alternative design, as the specific microflora directly governs the rate of biochemical transformations, the kinetics of acidification, carbohydrate utilization, proteolytic protein cleavage, and the sensory attributes of the final product.

The experimental matrix evaluated six commercial freeze-dried bacterial starter cultures: Iprovit-Kefir, Iprovit-Symbilact, Iprovit-Vitalact, Iprovit-BTA with bifidobacteria, Iprovit-Yogurt, and Iprovit-Streptosan. An uninoculated sample incubated under identical thermal conditions served as the control. The cultures demonstrated universal viability within the legume-based medium, though their metabolic efficacy varied considerably. The parameters monitored during the fermentation process included titratable acidity, free amino nitrogen content, and the accumulation of reducing substances.

Acidification kinetics served as a primary gauge of fermentation intensity, with all inoculated matrices exhibiting a steady increase in titratable acidity

¹⁵ Effect of lactic acid bacteria on the level of antinutrients in pulses: A case study of a fermented faba bean-oat product / M. Kahala, I. Ikonen, L. Blasco et al. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 21. Art. 3922. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12213922>.

relative to the control, verifying the progression of active lactic acid fermentation (Figure 2). The highest acidity values were recorded in samples driven by symbiotic multicomponent starter cultures, an outcome supported by their complex microbial consortia and metabolic synergy.

The highest metabolic rates and superior adaptability to the *Vicia faba* matrix were displayed by Iprovit-BTA and Iprovit-Symbilact. This intensive acid production allowed the system to rapidly shift toward the target pH value of 4.7.

Consequently, investigating the fermentation processes of *Vicia faba* bean protein concentrate using various cultures of microorganisms, tracking the acidification kinetics, and monitoring the improvement of sensory parameters, namely color and aroma, confirms the positive effect of fermenting raw plant proteins from *Vicia faba* beans.

Carbohydrate conversion dynamics further illustrated the metabolic activity of the inoculated microflora, as the reducing sugar concentration dropped steadily throughout the fermentation period (Figure 3). The initial reducing sugar concentration of 5.01 mg/mL within the control medium dropped sharply to 1.0 mg/mL across the fermented samples by the end of the incubation cycle. This rapid sugar consumption correlated directly with the surge in titratable acidity, confirming the active conversion of mono- and disaccharides into organic acids. The most intense drop in this parameter was recorded in samples with elevated enzymatic activity, correlating with the acid profile.

Proteolytic transformations were verified by monitoring the accumulation of free amino nitrogen (FAN) (Figure 4), with inoculated samples displaying

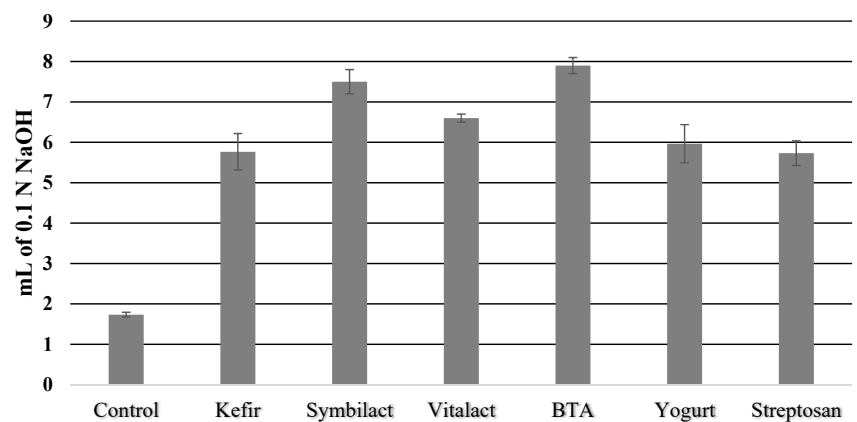


Fig. 2. The effect of bacterial starter cultures on the titratable acidity of fermented samples

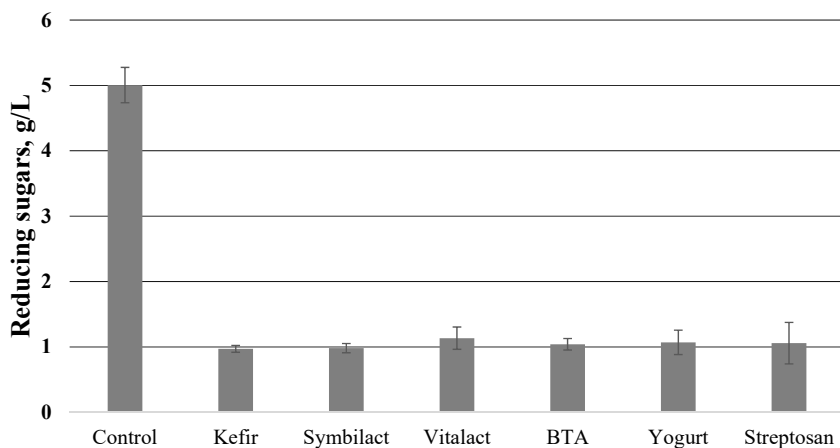


Fig. 3. Dynamics of reducing sugar content during the fermentation process depending on the starter culture type

a significant increase in FAN concentrations, reflecting active bacterial proteolysis. This enzymatic cleavage of dense legume globulins into low-molecular-weight nitrogenous fractions significantly enhances both the biological value and the metabolic digestibility of the finished product.

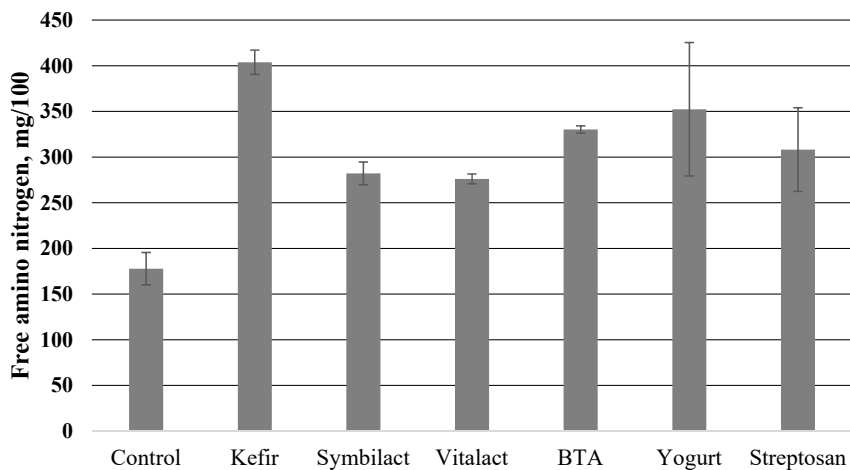


Fig. 4. The effect of starter cultures on the accumulation of free amino nitrogen

The multi-species consortia proved most effective at driving both deep carbohydrate conversion and advanced protein proteolysis, ensuring intensive acidification, sugar depletion, and structural transformation.

The ultimate sensory quality and texture of the fermented beverage were found to be highly dependent on the strain profile of the starter culture used (Table 4). The highest scores were secured by the samples driven by the Iprovit-BTA, Iprovit-Symbilact, and Iprovit-Yogurt consortia, which were distinguished by a pleasant taste, smooth consistency, and a well-balanced aroma. Crucially, the intense enzymatic activity of these cultures managed to completely mask or transform the volatile compounds responsible for the native “beany” off-flavor, which represents a substantial breakthrough for consumer acceptance. Conversely, the unfermented control exhibited the lowest properties, characterized by a weak, unbalanced flavor profile, a coarse, non-homogeneous texture, and a strong, unpleasant herbaceous aroma and aftertaste.

To systematically evaluate these sensory metrics, a specialized scale was designed across core indices: taste, aroma, consistency, and appearance. An expert evaluation method was used to calculate weight significance coefficients for establishing a 20-point sensory scoring framework. Each specific descriptor was scored on a scale where 1.5 represented highly significant, 1 stood for significant, 0.5 meant minor significance, and 0 was evaluated as unnecessary for inclusion.

Based on the optimization of these parameters, a structured 20-point scoring database was compiled for the sensory profiling of the fermented plant-based beverages, as detailed in Table 4.

Table 4

Weight coefficients and score distribution for the sensory evaluation of fermented plant-based beverages within a 20-point framework

Sensory Attribute	Significance Coefficient	Maximum Score Allocation (Raw / Weighted)
Taste	1	5/5
Aroma	1.5	5/7.5
Consistency	1	5/5
Appearance	0.5	5/2.5
Total Value	–	20

Based on the quantitative panel scores collected during the sensory trials, a database was compiled to track individual sample performance across the weighted criteria (Table 5).

Table 5

**Sensory profile evaluation of the fermented *Vicia faba* L. protein
beverage samples**

Sample No.	Starter Culture Type	Taste	Aroma	Consistency	Appearance	Total Weighted Score
1	Iprovit-Kefir	3.9	4.1	4.0	4.0	16.05
2	Iprovit-Symbilact	4.5	4.4	4.6	4.5	17.95
3	Iprovit-Vitalact	4.1	4.0	4.2	4.1	16.35
4	Iprovit-BTA	4.8	4.7	4.9	4.8	19.15
5	Iprovit-Yogurt	4.3	4.2	4.4	4.3	17.15
6	Iprovit-Streptoson	4.0	4.1	4.1	4.0	16.25

The sensory matrix demonstrated that fermenting the legume protein concentrate with diverse starter microflora yields products with comparable physical characteristics. Regarding structural consistency and surface appearance, the fermented plant matrices closely mirrored traditional dairy-based yogurts. However, despite these favorable texturological profiles, the unflavored fermented bases require further fine-tuning through the incorporation of targeted flavorings and natural aromatic modifiers. Thus, the current matrices serve as a functional, structural baseline for the subsequent design of fully finished consumer plant-based functional beverages.

CONCLUSIONS

The experimental findings confirm that legume protein concentrate represents a highly viable and technologically sustainable raw material for manufacturing next-generation functional plant-based dairy analogues.

Preliminary enzyme-thermal processing of the raw protein suspension using a bacterial alpha-amylase successfully drives the partial liquefaction of structural starch impurities into reducing sugars, which effectively prevents uncontrolled starch gelatinization, improves the rheological properties of the raw suspension prior to inoculation, and optimizes the liquid substrate for subsequent microbial fermentation by starter cultures.

Evaluation of different starter cultures demonstrated that Iprovit-BTA, Iprovit-Symbilact, and Iprovit-Yogurt exhibit superior metabolic activity, acid production, and sensory design capacity within the legume matrix. Lactic acid fermentation plays a transformative role in product design, stabilizing the physical-chemical structure, eliminating the native “beany” off-flavor, and yielding a smooth, uniform yogurt-like matrix with elevated nutrient bioavailability.

As an outcome of fermentation, the sensory indicators of the matrix are markedly refined: the characteristic beany aroma disappears, the color improves, and a dense, uniform, yogurt-like structure is formed, confirming that the developed product represents a stable baseline for constructing commercial alternatives to traditional milk beverages.

SUMMARY

This study addresses the relevant challenge of expanding the assortment of plant-based milk alternatives through the biotechnological modification of non-deficient domestic raw materials. It presents the experimental results on the topic “Fermentation of *Vicia faba* bean protein concentrate for the development of plant-based beverages” characterized by enhanced biological value. The parameters for the preliminary enzyme-thermal treatment of the protein suspension using α -amylase were substantiated, enabling a targeted reduction in system viscosity via starch liquefaction. It was established that both water bath processing and microwave heating are equally effective regarding starch hydrolysis efficiency, though the kinetic acceleration within the ultra-high-frequency field is accompanied by intense foaming and partial protein aggregation. Based on the evaluation of six “Iprovit” commercial starter cultures, the “Iprovit-BTA” and “Iprovit-Symbilact” consortia demonstrated the superior acidification kinetics, effectively driving the system to the protein isoelectric point at pH 4.7. Microbial carbohydrate utilization was verified by a sharp decline in reducing sugars from the baseline 5.01 mg/mL down to 1.0 mg/mL. The maximum proteolytic activity was displayed by the “Iprovit-Kefir” culture, which triggered a 2.2-fold increase in free amino nitrogen compared to the unfermented control. Sensory profiling performed via a developed 20-point expert framework confirmed that directed lactic acid fermentation successfully masks the specific native beany off-flavor, establishing a smooth cream-like consistency and a well-balanced flavor profile.

Bibliography

1. A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.) / S. B. Dhull, M. K. Kidwai, R. Noor et al. *Legume Science*. 2022. Vol. 4. No. 3. Art. e129. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.129>.
2. A review on current scenario and key challenges of plant-based functional beverages / N. Sharma, N. Yeasmen, L. Dube, V. Orsat. *Food bioscience*. 2024. Vol. 60. Art. 104320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104320>.
3. ASBC Methods of Analysis. Method: Free Amino Nitrogen (International Method) / Technical Committee A. St. Paul, MN : American Society of Brewing Chemists, 2011.

4. Effect of lactic acid bacteria on the level of antinutrients in pulses: A case study of a fermented faba bean–oat product / M. Kahala, I. Ikonen, L. Blasco et al. *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 21. Art. 3922. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12213922>.
5. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value / M. Tangyu, J. Muller, C. J. Bolten, C. Wittmann. *Applied microbiology and biotechnology*. 2019. Vol. 103. No. 23. P. 9263–9275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>.
6. Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges-A review / I. Ahmad, M. Hao, Y. Li et al. *Trends in food science & technology*. 2022. Vol. 129. P. 558–580. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>.
7. Jiang L. Unlocking the microbial mechanisms in fermented bean products: Advances and future directions in multi-omics and machine learning approaches / L. Jiang, Y. Lu, H. Qu. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2026. Vol. 66. No. 7. P. 1364–1386. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2544764>.
8. Labba I. C. M. Nutritional and antinutritional composition of fava bean (*Vicia faba* L., var. minor) cultivars / I. C. M. Labba, H. Frøkiær, A. S. Sandberg. *Food Research International*. 2021. Vol. 140. Art. 110038. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110038>.
9. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns / A. A. Paul, S. Kumar, V. Kumar, R. Sharma. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020. Vol. 60. No. 18. P. 3005–3023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>.
10. Nutritional quality of protein flours of fava bean (*Vicia faba* L.) and in vitro digestibility and bioaccessibility / V. A. Ayala-Rodríguez, A. A. López-Hernández, M. L. C. Lomeli et al. *Food Chemistry: X*. 2022. Vol. 14. Art. 100303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100303>.
11. Oluwajuyitan T. D. Amino acid profile, peptide size distribution, antioxidant effect, and enzyme inhibitory activities of fava bean (*Vicia faba*) protein hydrolyzates / T. D. Oluwajuyitan, D. Kadam, R. E. Aluko. *International Journal of Food Properties*. 2025. Vol. 28. No. 1. Art. 2466575. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2025.2466575>.
12. Prevalence of lactose intolerance and nutrients intake in an older population regarded as lactase non-persistent / E. Dewiasty, S. Setiati, R. Agustina et al. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2021. Vol. 43. P. 317–321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.03.033>.
13. Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour / K. A. Millar,

E. Gallagher, R. Burke et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019. Vol. 82. Art. 103233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>.

14. Технологічні та економічні аспекти застосування бобових в технологіях харчової продукції : мініогляд / В. В. Дегтяр, А. Е. Радченко, Н. Г. Гринченко, О. О. Гринченко. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. Vol. 31. № 4. С. 886–896. – DOI: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i4.287753>.

15. ТУ У 15.5-00419880-10:2010. Культури заквашувальні сухі та рідкі. НААН України, Інститут продовольчих ресурсів. Київ, 2010.

Information about the author:

Litvinov Anton Oleksandrovych,

Postgraduate Student at the Department of Restaurant
and Craft Technologies

State University of Trade and Economics
19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

**OPTIMIZATION OF THE BUTTERMILK
FERMENTATION PROCESS IN THE TECHNOLOGY
OF LOW-LACTOSE YOGURT**

Serenko A. A., Yudina T. I., Hnitsevych V. A.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-6>

INTRODUCTION

In the current conditions of global transformation of food systems, the implementation of the principles of sustainable development, resource efficiency, and ESG-oriented (Environmental, Social, and Governance) production in the food industry is of particular importance. The FoodTech concept involves the active use of innovative technologies aimed at the rational utilization of raw material resources, minimization of food waste, increasing the nutritional value of products, and adapting food technologies to modern requirements of healthy nutrition. In this context, the dairy industry requires new technological solutions related to the comprehensive processing of secondary dairy raw materials, reducing environmental impact, and creating functional products with enhanced biological value.

One of the promising directions for implementing circular economy principles in the dairy industry is the use of buttermilk as a valuable secondary raw material in the technology of fermented dairy products. Buttermilk is characterized by a high content of proteins, phospholipids, minerals, biologically active components of fat globule membranes, and possesses good functional and technological properties. At the same time, a significant portion of buttermilk in production conditions is underutilized, which contradicts modern ESG principles and the sustainable development of food systems. Its inclusion in the production of low-lactose fermented dairy products allows not only for increasing the resource efficiency of enterprises but also for expanding the assortment of functional and special-purpose products.

The relevance of developing low-lactose yogurts is driven by the steady growth in the number of consumers with lactase deficiency and an increased demand for healthy food products. Reducing the lactose content in fermented dairy products improves their digestibility, enhances consumption comfort,

and expands the target audience of the products. However, using buttermilk in low-lactose yogurt technology requires the optimization of technological parameters, as changes in the composition of the dairy base affect the lactic acid fermentation process, the rate of acidity accumulation, the formation of the clot structure, water-holding capacity, and the organoleptic characteristics of the finished product.

The optimization of the buttermilk fermentation process is of particular importance, as it is one of the key stages in forming the quality of low-lactose yogurt. A rational selection of starter cultures, temperature regimes, fermentation duration, and the degree of lactose hydrolysis makes it possible to intensify the technological process, ensure the stability of the product's structure, and enhance its consumer properties. Furthermore, optimizing the fermentation process contributes to increasing the energy efficiency of production and reducing technological losses, which aligns with modern requirements of ESG-oriented food manufacturing.

Thus, research aimed at optimizing the buttermilk fermentation process in the technology of low-lactose yogurt is relevant from both scientific and practical perspectives. It combines the principles of FoodTech, the innovative transformation of food systems, resource conservation, and the creation of functional products tailored to the modern needs of consumers and the sustainable development of the food industry.

1. Definition of prerequisites and formulation of the research problem

milk and dairy products are valuable sources of essential nutrients required for the normal functioning of the human body, including complete proteins of animal origin, calcium, phosphorus, as well as vitamins B2 (riboflavin) and D (calciferol)¹. Due to their balanced composition, dairy products play an important role in the formation and maintenance of bone tissue, ensuring the normal course of metabolic processes, the functioning of the nervous system, and supporting immunity. Lactic proteins are of particular significance, characterized by high biological value and containing all essential amino acids necessary for growth, tissue repair, and the synthesis of enzymes and hormones².

Fermented dairy products are a source of probiotic microorganisms that help maintain a normal balance of the gut microbiota, improve digestive processes, and enhance the barrier functions of the body. Disruption of the gut microflora

¹ Sharikadze O. Malabsorption and lactose intolerance: pathophysiology, diagnosis and treatment of pathogenesis. *World Science*. 2022. Vol. 75. No. 3. P. 1–13.

² Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., & Qoronfleh, M. W. Functional foods and their impact on health. *Journal of food science and technology*. 2023. Vol. 60. No 3. P. 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>.

composition can lead to a decrease in immune defense, impaired absorption of nutrients, and the development of functional disorders of the digestive system³.

Insufficient consumption of milk and dairy products throughout a person's life is associated with an increased risk of developing chronic non-communicable diseases, particularly pathologies of the cardiovascular and musculoskeletal systems. A deficiency in calcium and vitamin D can cause a decrease in bone mineral density, the development of osteoporosis, and an increased risk of fractures. At the same time, a lack of complete protein and micronutrients negatively affects metabolic processes, the functional state of the body, and the overall quality of life of the population. However, the consumption of dairy products becomes impossible for individuals suffering from lactose intolerance – a functional disorder of the gastrointestinal tract caused by the impaired breakdown of lactose in the small intestine by the enzyme lactase⁴.

According to WHO data, approximately 70% of the world's population is unable to fully digest the lactose contained in milk and dairy products. For Ukraine, this figure stands at 15–35% of the adult population⁵. When lactase enzyme activity is greater than 50%, symptoms of lactase deficiency usually do not manifest. The primary method for treating lactase deficiency is dietary therapy, which involves the complete exclusion or limited consumption of products containing lactose⁶.

Since milk and dairy products are valuable sources of essential nutrients, excluding them from the diet will lead to an insufficient intake of many beneficial substances and, as a result, a decrease in work capacity and body resistance to diseases and other negative environmental factors⁷. Therefore, a promising direction for resolving this issue is the creation of technologies for dairy products that are lactose-free or have a reduced lactose content.

Market analysis of lactose-free and low-lactose dairy products in Ukraine indicates that the largest share belongs to domestic goods such as kefir and

³ Faienza M. F., Giardinelli S., Annicchiarico A., Chiarito M., Barile B., Corbo F., & Brunetti, G. Nutraceuticals and Functional Foods: A Comprehensive Review of Their Role in Bone Health. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25. No. 11. P. 5873–5885. <https://doi.org/10.3390/ijms25115873>.

⁴ Corgneau M., Scher J., Ritie-Pertusa L., Le D. T., Petit J., Nikolova Y., Gaiani C. Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57. No. 15. P. 3344–356.

⁵ Кравченко М., Перепелиця М. Технологія смузі на основі молочної сировини. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2024. № 1. С. 117–126. [https://doi.org/10.31617/2.2024\(49\)08](https://doi.org/10.31617/2.2024(49)08).

⁶ Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та пюре гарбуза. *Міжнар. наук.-практ. журнал «Товари і ринки»*. 2018. № 4. С. 105–117. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)10](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)10).

⁷ Suchy F. J., Brannon P. M., Carpenter T. O., Fernandez J. R., Gilsanz V., Gould J. B., Miller N. J. NIH consensus development conference statement: lactose intolerance and health. *NIH Consensus State Sci Statements*. 2010. Vol. 27. No. 2. P. 1–27.

sour cream, while the smallest share belongs to yogurts⁸. Yet, the consumption of yogurts provides the body with beneficial biologically active substances and metabolites of lactic acid and bifidobacteria, promotes better calcium absorption, lowers blood cholesterol levels, and ensures the normalization of the intestinal microflora. They are in high demand among consumers and occupy a significant segment of the dairy market (27%)⁹; therefore, saturating it with yogurts of domestic production that are lactose-free or low-lactose is a relevant direction for the development of the country's dairy processing enterprises.

The current state of the domestic dairy market is characterized by an increased level of instability caused by the prolonged impact of military actions on the territory of Ukraine. Some dairy processing enterprises were forced to terminate or significantly limit their activities, leading to a reduction in milk production volumes. According to available estimates, the decline in production in recent years amounted to about 10...15%, which, in turn, led to an increase in prices for dairy products of domestic origin and exacerbated the problem of providing the population with accessible food products¹⁰.

Under these conditions, the effective use of secondary dairy raw materials – specifically buttermilk, which is formed during the production of butter – becomes particularly urgent. The rational involvement of such resources allows not only for increasing production efficiency but also for expanding the assortment of accessible food products with high biological value, corresponding to modern principles of resource saving and sustainable development of the food industry. In the general structure of secondary dairy raw materials, their share is relatively small, accounting for about 5%. At the same time, buttermilk is characterized by high nutritional and biological value.

Research results indicate that buttermilk obtained by the cream-churning method (in batch and continuous butter makers) is characterized by a higher content of biologically active substances compared to buttermilk obtained by the method of converting high-fat cream. Specifically, it contains an increased amount of complete whey proteins – 8.6% and 10.5% more compared to whole and skimmed milk, respectively¹¹. The fat content in buttermilk averages

⁸ Юдіна Т., Серенко А. Формування вітчизняного ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2021. № 2. С. 33–43. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)03).

⁹ Ibid.

¹⁰ Болгова Н., Самілик М., Назаренко Ю., Соколенко В. Технологія виробництва безлактозного йогурту з дотриманням принципів системи НАССР. *Таврійський науковий вісник: технічні науки*. 2021. № 4. С. 33–46. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.4>.

¹¹ Sakkas L., Evageliou V., Igoumenidis P. E., & Moatsou G. Properties of Sweet Buttermilk Released from the Churning of Cream Separated from Sheep or Cow Milk or Sheep Cheese Whey: Effect of Heat Treatment and Storage of Cream. *Foods* (Basel, Switzerland). 2023. Vol. 11. No. 3. P. 465.

0.4...0.7%, but its nutritional value is quite high due to the presence of polyunsaturated fatty acids, particularly linoleic, linolenic, and arachidonic acids, which feature an anti-sclerotic effect¹². An important feature of buttermilk is also its increased content of phospholipids: their amount is 1.4 times higher than that of whole milk and approximately 11 times higher than that of skimmed milk¹³.

The carbohydrate composition of buttermilk is close to that of whole milk and is represented mainly by lactose, the content of which can reach about 5%. The mineral composition of buttermilk corresponds to approximately 75% of the mineral composition of whole milk and includes elements such as calcium, magnesium, sodium, phosphorus, and potassium. Furthermore, buttermilk is a source of water-soluble B-group vitamins, as well as fat-soluble vitamins A, E, and K¹⁴.

Thus, the results of the conducted research allow for the conclusion that buttermilk obtained during butter production by the cream-churning method is characterized by a significant content of complete proteins, low fat levels, and a balanced composition of vitamins and minerals. Given this, it is precisely this type of buttermilk that is advisable to use as a dairy base in the technology of low-lactose yogurts in further research.

The works of domestic and foreign scientists are dedicated to the theoretical and practical aspects of producing food products for special dietary uses, including lactose-free and low-lactose dairy products. Researchers have identified priority areas for using secondary dairy raw materials in the technologies of food products for special dietary uses.

Based on the research results of foreign scientists (Yang J., Rainville P. et al.), a technology has been developed for a biologically active product made from dairy whey with a dry matter content of 13...20% at pH 6.73...6.77 and a temperature of 30 °C, wherein the first part of the lactase enzyme and the first part of the starter culture are added to the dairy whey, held for 20 minutes, and then the second part of the enzyme and starter culture are added. The hydrolyzed whey is concentrated in vacuum-evaporation units to a dry matter content of at least 40%¹⁵.

¹² Contarini G., Povolito M. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14. No. 2. P. 2808–2831.

¹³ Дмитриков В. П., Горбенко О. В., Антонов А. В. Особливості переробки вторинної молочної сировини: екологічні інновації. *Екологія плюс*. 2019. № 1. С. 7–11.

¹⁴ Barukčić I., Lisak K., & Božanić, R. Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technology and Biotechnology*. 2019. Vol. 57. No. 4. P. 448–460.

¹⁵ Yang J., Rainville P., Liu K., & Pointer B. Determination of lactose in low-lactose and lactose-free dairy products using LC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. No. 100. P. 1038–1057.

Scientists at the Institute of Food Resources of the NAAS of Ukraine used the enzyme preparation “GODO-YNL2” in an amount of 0.01...0.02% for the production of skimmed hydrolyzed condensed milk, with a process duration of 18...20 hours at a temperature of 6...8 °C¹⁶. There are studies related to investigating methods of lactose removal and developing resource-saving technologies for lactose-free and low-lactose dairy products, where enzymatic hydrolysis has been identified as a promising method¹⁷.

Researchers Trubnikova A. A., Sharakhmatova T. Ye., and Mamintova K. O. substantiated the technology of obtaining a yogurt base from buttermilk for the production of low-lactose ice cream. The effect of compositions of lactic acid cultures *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacterium lactis* on the fermentation process, acid formation, and lactose reduction was studied. A rational concentration of dry skimmed lactose-free milk was established at 5% of the mixture weight, ensuring the formation of a dense consistency and high foaming properties of the product. The resulting yogurt base was characterized by a protein content of 5.41%, lactose – 3.01%, a high amount of probiotic microflora, and suitability for the production of functional low-lactose ice cream¹⁸.

The authors investigated the process of lactose hydrolysis in dairy raw materials using enzyme preparations of β -galactosidase, where its content decreases to 1...2% while the nutrients of the dairy raw materials are maximally preserved¹⁹.

Hnitsevych V. A. and Honchar Yu. M. proposed a method for producing a fermented semi-finished product based on dairy whey with a reduced lactose content by the method of enzymatic lactose hydrolysis. This is achieved by adding an activator of the enzymatic lactose hydrolysis process – a targeted enzyme preparation produced by a microorganism culture – to the dairy raw material. The technological process includes the optimization of separated or unseparated dairy raw materials to a pH value of the medium within 5.0...5.5 using an NH₄OH solution. The targeted enzyme preparation is

¹⁶ Романчук І. О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіотів» / Ірина Олегівна Романчук; НУХТ. Київ, 2020. 290 с.

¹⁷ Романчук І. О., Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Моїсєєва Л. О. Закономірності ферментативного гідролізу лактози в молочній сировині. *Продовольчі ресурси*. 2021. Том 8. № 14. С. 165–174.

¹⁸ Трубікова А. А. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива / А. А. Трубікова, Т.Є. Шаракматова, К. О. Мамінтова, О. С. Цупра. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків : НТУ «ХПІ», 2018. № 9 (1285). С. 243–255. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.09.35.

¹⁹ Sharakhmatova T. Ye., Lozova O. O. Development of ice cream technology for people with lactase deficiency. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*. 2009. No. 2. P. 311–316.

introduced at a concentration of 0.03 g/L along with a catalyst solution into the prepared whey, which has been cooled to 55...65 °C after high-temperature pasteurization. The obtained hydrolysate is held in a thermostat at a temperature of 50 ± 2 °C for 12 hours. As a result of the hydrolysis process, the mass fraction of lactose decreases from 5.7...5.8% to 2.0...2.2%. The obtained low-lactose whey-based semi-finished product is used as a base for sauce production²⁰.

Despite the large number of scientific studies, work in this direction continues and is aimed at creating new technologies and expanding the assortment of dairy products with reduced lactose content by involving new raw materials that are natural sources of essential nutrients and possess a wide range of technological properties. At the same time, it has been established that systematic studies aimed at studying the process of lactose hydrolysis in buttermilk and developing technologies for low-lactose dairy products based on it are absent.

Based on a series of prior theoretical and experimental studies, a hypothesis has been put forward that utilizing buttermilk as a dairy base for low-lactose yogurt production, under conditions of directed regulation of functional and technological properties, will make it possible to obtain a new product with high nutritional and biological value.

Scientists at the State University of Trade and Economics proposed a technology for low-lactose yogurt based on buttermilk²¹. Based on experimental studies, the need to normalize buttermilk by dry matter content was determined. It has been proven that using dry milk protein concentrate for buttermilk normalization in an amount of 2.5...8.5% helps improve the organoleptic properties of the product, prevents syneresis, enables obtaining a product with a stable consistency, and increases the yield of the finished product.

The authors studied the process of lactose hydrolysis in dairy mixtures based on buttermilk with an increased content of dry matter^{22, 23}. It was established experimentally that to achieve a lactose hydrolysis efficiency within 70...75% in dairy mixtures with a dry matter content of 14% and 15%, the

²⁰ Гніцевич В. Кінетика ферментолізу лактози молочної сироватки / В. Гніцевич, Н. Чикун, Ю. Гончар. *Товари і ринки*. 2017. № 2. С. 97–104.

²¹ Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С. 108–116. [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09).

²² Yang J., Rainville P., Liu K., & Pointer B. Determination of lactose in low-lactose and lactose-free dairy products using LC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. No. 100. P. 1038–1057.

²³ Мінорова А. Підбір та дослідження ефективності заквашувальних препаратів з підвищеною β-галактозидазною активністю / Мінорова А., Романчук І., Даниленко С., Рудакова Т., Крушельницька Н., Потемська О., Наріжний С. Підбір та дослідження ефективності заквашувальних препаратів з підвищеною β-галактозидазною активністю. *Продовольчі ресурси*. 2022. Том 10. № 19. С. 88–98.

most rational process duration parameters are 120...150 min when adding an enzyme preparation dose of 0.03%, and 90...120 min when adding a dose of 0.05%. At the same time, it should be noted that increasing the process duration to 180...240 min is inappropriate for the following reasons: first, it leads to a decrease in hydrolysis rates, which is caused by a decrease in lactose content and an increase in the concentration of its hydrolysis products-glucose and galactose, which act as inhibitors of β -galactosidase GODO-YNL2; second, it leads to an increase in energy costs, which is undesirable²⁴.

Thus, based on the aggregate of conducted experimental studies, rational parameters for the lactose hydrolysis process in dairy mixtures with an increased dry matter content for low-lactose yogurt production were determined: enzyme preparation dose – 0.03...0.05%, hydrolysis temperature – 40 ± 2 °C, duration – 90...150 min²⁵.

In the production of fermented milk drinks, particularly yogurts, an important technological stage is the use of starter cultures and the fermentation of the dairy base. It is the fermentation process that ensures the formation of the structural-mechanical properties of the fermented milk clot and the characteristic organoleptic indicators of the finished product. The efficiency of fermentation directly depends on the concentration of the starter culture, temperature, and duration of the process.

The aim of this work is to optimize the technological parameters of fermenting buttermilk-based dairy mixtures with an increased dry matter content and hydrolyzed lactose.

The following were selected as the subject of research: buttermilk obtained by cream-churning in butter makers; dry milk protein concentrate; dry demineralized dairy whey; dairy mixtures normalized by dry matter content; yeast-derived lactase enzyme preparation “GODO-YNL2” (manufacturer Shusei Company Limited, Japan); direct vat set starter cultures for yogurt production YC-X11 (Chr. Hansen, Denmark); and food systems modeling low-lactose yogurts in their composition.

2. Substantiation of Technological Parameters for the Production of Low-Lactose Yogurts Based on Buttermilk

The fermentation process is one of the key stages in yogurt production, as it is during fermentation that the main quality characteristics of the finished

²⁴ Моїсєєва Л. О. Розроблення технології низьколактозного кисломолочного продукту : дис. канд. техн. наук: 03.00.20. Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2021. 183 с.

²⁵ Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С. 108–116. [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09).

product are formed. At this stage, the fermented milk clot forms, and the structural-mechanical properties as well as the characteristic taste and aroma of the yogurt are established. A decisive role in the course of fermentation processes is played by the type of starter culture, its concentration, temperature, and duration, under the influence of which complex biochemical transformations of dairy raw material components take place.

Based on an analysis of the starter culture market and the legacy of works by domestic and foreign scientists, the direct vat set starter culture for yogurt YC-X11 (manufacturer Chr. Hansen, Denmark) was selected for the production of low-lactose fermented milk drinks²⁶.

The fermentation parameters recommended by the manufacturer using the direct vat set starter culture YC-X11 are defined for whole milk as the starting raw material in yogurt production. Therefore, in order to substantiate the operating conditions of the starter culture in a different dairy system, the effect of its added dose on the quality indicators of low-lactose yogurt based on buttermilk was studied.

The fermentation of buttermilk-based dairy mixtures with a dry matter content of 14.1% and 15.3% was carried out in a thermostat at a temperature of 40 ± 2 °C. The fermentation duration was 30...300 min, with a sampling interval of 30 min.

The effectiveness of the starter culture was evaluated by the physicochemical and organoleptic indicators of the formed fermented milk clots, taking into account that according to DSTU 4343:2004²⁷, the standardized titratable acidity for yogurts is 80...140 °T.

In order to determine the optimal fermentation parameters of buttermilk with an increased dry matter content and hydrolyzed lactose, under which the product acquires appropriate physicochemical and structural-mechanical indicators, a process optimization was carried out. The experiment was planned according to an orthogonal symmetric Box-Behnken design. Experimental factors were selected at the upper (“+”) and lower (“-”) levels based on the results of preliminary studies. A full three-factor experiment with variation levels of -1; 0; +1 was utilized. The fermentation process of buttermilk-based dairy mixtures is characterized by the following parameters: x_1 – dose of the starter culture, mg; x_2 – fermentation duration, t·60s; x_3 – fermentation temperature, °C. The response functions adopted were: Y_1 – titratable acidity, °T; Y_2 – effective viscosity, mPa·s.

²⁶ Заквашувальні препарати для кисломолочних напоїв. Режим доступу: <https://www.chr-hansen.com/en/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/our-products-fresh-dairy>.

²⁷ ДСТУ 4343:2004. Йогурти. Загальні технічні умови. Київ, 2005. 16 с.

Based on the results of the experiments, mathematical dependencies were obtained that describe the influence of the starter culture dose, duration, and fermentation temperature on the formation of the fermented milk clot in yogurt production. The adequacy of the developed mathematical models was checked using Fisher's criterion at a 5% significance level, and the significance of the coefficients was verified using Student's t-test.

Table 1 presents the conditions for conducting the full three-factor experiment to optimize the fermentation process of buttermilk with an increased dry matter content and hydrolyzed lactose.

Table 1

Levels and ranges of experimental factors

Levels	Factors		
	Fermentation starter dose, mg	Fermentation duration, t·60s	Fermentation temperature, °C
	x_1	x_2	x_3
Main ($x_{i,0}$)	2,7	195	40
Variation range (Δx_i)	0,1	15	5
Lower ($x_{i,min}$)	2,6	180	35
Upper ($x_{i,max}$)	2,8	210	45

The research results (Figs. 1–3) indicate that the formation of a fermented milk clot with target organoleptic properties and a standardized titratable acidity within 80...140 °T is achieved under the following rational parameters: for a dairy mixture with a dry matter (DM) content of 14.1% – starter culture dose of 2.6...2.8 mg/100 g; process duration – 210...240 min; for a dairy mixture with a DM content of 15.3% – starter culture dose of 2.6...2.8 mg/100 g; process duration – 180...210 min.

When lower doses of the starter culture are added, a decrease in the intensity of clot formation and an increase in fermentation duration occur, which leads to unnecessary energy expenditures that are undesirable. Adding a starter culture dose of 3 mg/100 g does not significantly affect the change in indicators characterizing the quality of the developed product, but it increases its production cost.

It is known that the strains of lactic acid bacteria in the YC-X11 starter culture are chemoorganotrophic microorganisms^{28, 29}. This means they obtain energy by

²⁸ Delorme, C. Safety assessment of dairy microorganisms: *Streptococcus thermophilus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2008. Vol. 126. P. 274–277.

²⁹ Han X., Yang Z., Jing X., Yu P., Zhang Y., Yi H. et al. Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *Biomed. Res. Int.* 2016. 2016:7945675. DOI: 10.1155/2016/794.

oxidizing organic substances. In our case, lactic acid bacteria oxidize lactose, converting it into glucose and galactose. Glucose and galactose serve as substrates for the synthesis of lactic acid. Temperature affects the activity of dairy bacteria and their metabolic rate. At higher temperatures, the enzymes involved in the metabolism of dairy bacteria work faster, producing more lactic acid per unit of time, and, as a consequence, the process of fermented milk clot formation accelerates.

Therefore, considering the above, the next series of experiments investigated the effect of fermentation temperature on starter culture activity in dairy mixtures with an increased dry matter content (Figs. 2, 3).

The study was conducted by varying the temperature within the range of 15...55 °C, with an added starter culture dose of 2.6...2.8 mg, and a process duration of 210 min.

The obtained results proved that the starter culture exhibits the highest efficiency in the temperature range of 40...45 °C. At lower temperatures, the process of fermentation and clot formation occurs more slowly, which is explained by the low activity of the lactic acid bacteria *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* at the specified temperatures. When the temperature is increased above 45 °C, a decrease in starter culture efficiency is observed due to the inactivation of lactic acid bacteria under the action of high temperatures.

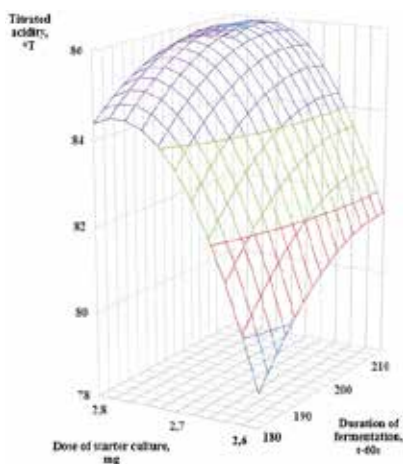


Fig. 1. Dependence of titratable acidity on the starter culture dose and fermentation duration at a temperature of 40 °C

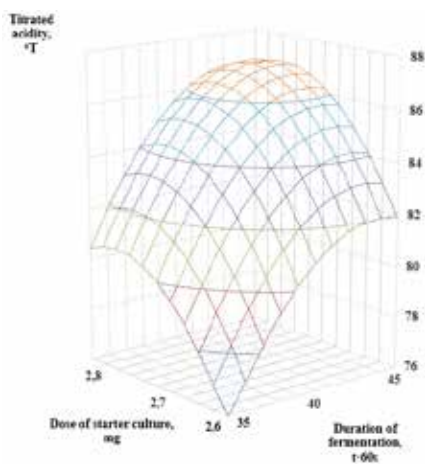


Fig. 2. Dependence of titratable acidity on the starter culture dose and fermentation temperature at a duration of 195·60s

Figs. 4–6 present the results of studying the effect of the starter culture dose and fermentation duration of dairy mixtures with different dry matter contents on the rheological properties of low-lactose yogurt.

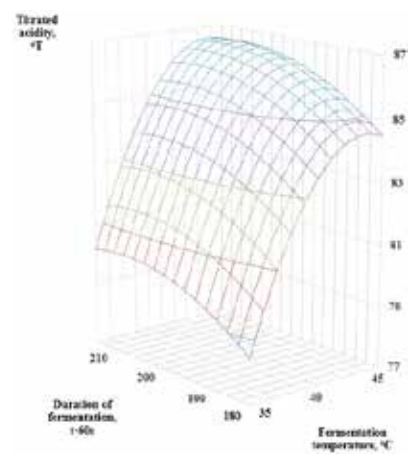


Fig. 3. Dependence of titratable acidity on the duration and fermentation temperature at a starter culture dose of 2.7 mg

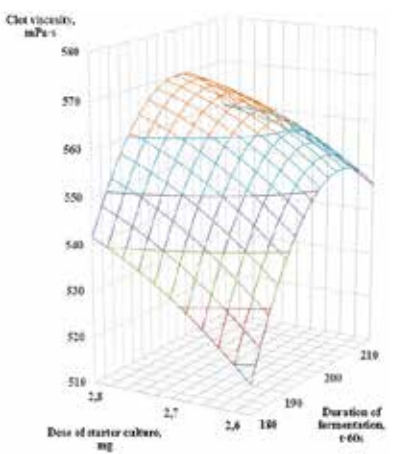


Fig. 4. Dependence of viscosity on the starter culture dose and fermentation duration at a temperature of 40 °C

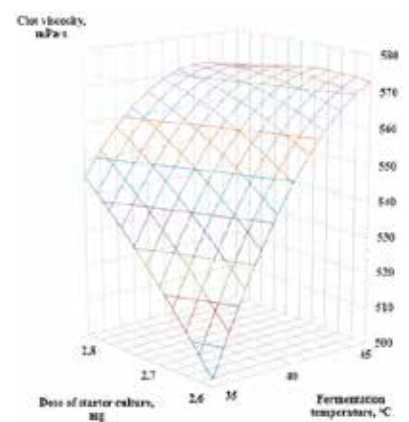


Fig. 5. Dependence of viscosity on the starter culture dose and fermentation temperature at a duration of 195-60s

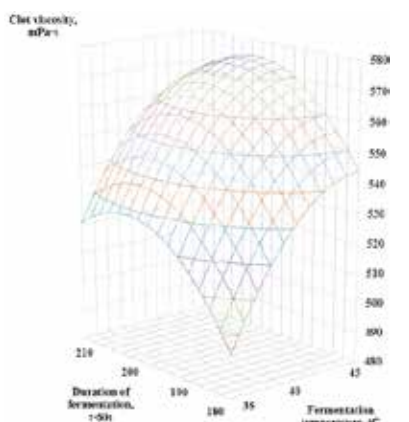


Fig. 6. Dependence of viscosity on the duration and fermentation temperature at a starter culture dose of 2.7 mg

The presented results (Figs. 4–6) proved that with an increase in fermentation duration, an increase in the viscosity of the test samples occurs. This is explained by the fact that dairy mixture components, such as proteins and lactose, participate in the formation of the fermented milk clot. Lactic acid bacteria included in the starter culture convert lactose into glucose and galactose, which serve as a substrate for biochemical reactions that result in the formation of lactic acid. Lactic acid leads to the coagulation of proteins, followed by the formation of a fermented milk clot³⁰.

Thus, when adding starter culture doses of 2.6...2.8 mg/100g and a fermentation duration of 180...210 min, the viscosity of the finished product for a dairy mixture with a dry matter content of 14.1% was 523...559 mPa·s, and for a dairy mixture with a dry matter content of 15.3% – 560...564 mPa·s, respectively. The resulting low-lactose yogurt is characterized by a stable structure and a semi-liquid consistency. This correlates well with data from previous researchers regarding the rheological properties of drinking yogurts³¹.

During the further course of the fermentation process for 210...240 min, an insignificant change in viscosity indicators is observed in the test samples, while the consistency of the yogurt remains uniform, semi-liquid, and without whey separation.

For the mathematical substantiation of the optimal process parameters of fermentation, a method for solving compromise problems of multi-objective optimization using the conjugate gradient method was used. To solve the formulated problem, we used the “Solver” add-in of the MS Excel package.

The method consists of choosing a target function limited to a set value and describing constraints from a system of equations. In the calculations, a relative error of $1 \cdot 10^{-6}$ and a permissible deviation of 5% were assumed. Optimization was performed by the conjugate gradient method. During the calculation, the following results were obtained:

	Variables			Objective function	
Name	X_1	X_2	X_3	$Y_1(X_1, X_2, X_3)$	
Value	2,625	206,0000626	39,60075575	561,7332159	→ max
Constraints					
$Y_2(X_1, X_2, X_3) =$	82,608	$\geq$	80		
$Y_2(X_1, X_2, X_3) =$	82,608	$\leq$	140		
$X_1 =$	2,625	$\geq$	0		
$X_2 =$	206,000	$\geq$	0		
$X_3 =$	39,601	$\geq$	0		

³⁰ Кулігін М. Л. Дослідження впливу регуляторів консистенції на якість та реологічні властивості йогурту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. №. 2 (73). С. 41–47.

³¹ Геліх А. О., Даниленко С. Г., Крижська Т. А., Семерня О. В. Оптимізація реологічних показників структури йогурта із додаванням ізоляту білка насіння коноплі. *Продовольчі ресурси*. 2022. № 18. С. 51–60.

Consequently, through a multi-factor experiment, it was proven that the formation of a stable fermented milk clot with a standardized titratable acidity within 80...140 °T occurs under the following parameters: starter culture dose – 2.6 mg/100g, process duration – 210 min, temperature 40 ± 2 °C.

CONCLUSIONS

Based on the conducted research, it was established that during the fermentation of buttermilk with an increased dry matter content, obtaining a stable fermented milk clot with target organoleptic properties and a standardized titratable acidity within 80...140 °T is achieved at an introduced starter culture dose of 2.6...2.8 mg/100g.

The effect of temperature on the buttermilk fermentation process with an increased dry matter content was investigated. It was found that the highest efficiency of the starter culture is observed at a temperature of 40...45 °C. Under lower temperature regimes, the process of fermentation and clot formation proceeds more slowly, which is due to the insufficient activity of the lactic acid bacteria *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Raising the temperature above 45 °C leads to a decrease in the effectiveness of the starter culture due to the partial inactivation of lactic acid bacteria under the influence of high temperatures.

The regularities of the influence of technological fermentation parameters on the formation of the fermented milk clot of low-lactose yogurt were established. It has been proven that the optimal parameters for the fermentation process of buttermilk with an increased dry matter content and hydrolyzed lactose are: starter culture dose – 2.6 mg/100 g, process duration – 210 min, temperature 40 ± 2 °C.

SUMMARY

The work investigates the process of buttermilk fermentation in the technology of low-lactose yogurt, and determines the optimal parameters of the fermentation process.

The conditions for conducting a full three-factor experiment are proposed. The effect of temperature on the fermentation process of buttermilk with a high content of dry matter is studied. It is established that the highest efficiency of the fermentation preparation is observed at a temperature of 40...45 °C.

The patterns of the influence of technological fermentation parameters on the formation of a sour milk clot of low-lactose yogurt are established. It is proven that the optimal parameters of the fermentation process of buttermilk with a high content of dry matter and hydrolyzed lactose are: the dose of

the fermentation preparation is 2.6 mg/100 g, the duration of the process is 210 min., the temperature is 40 ± 2 °C.

Bibliography

1. Sharikadze O. Malabsorption and lactose intolerance: pathophysiology, diagnosis and treatment of pathogenesis. *World Science*. 2022. Vol. 75. No. 3. P. 1–13.
2. Essa M. M., Bishir M., Bhat A., Chidambaram S. B., Al-Balushi B., Hamdan H., Govindarajan N., Freidland R. P., & Qoronfleh M. W. Functional foods and their impact on health. *Journal of food science and technology*. 2023. Vol. 60. No. 3. P. 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>.
3. Faienza M. F., Giardinelli S., Annicchiarico A., Chiarito M., Barile B., Corbo F., & Brunetti G. Nutraceuticals and Functional Foods: A Comprehensive Review of Their Role in Bone Health. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25. No. 11. P. 5873–5885. <https://doi.org/10.3390/ijms25115873>.
4. Corgneau M., Scher J., Ritie-Pertusa L., Le D. T., Petit J., Nikolova Y., Gaiani C. Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57. No. 15. P. 3344–356.
5. Кравченко М., Перепелиця М. Технологія смузі на основі молочної сировини. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2024. № 1. С. 117–126. [https://doi.org/10.31617/2.2024\(49\)08](https://doi.org/10.31617/2.2024(49)08).
6. Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Гончар Ю. М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та пюре гарбуза. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2018. № 4. С. 105–117. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)10](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)10).
7. Suchy F. J., Brannon P. M., Carpenter T. O., Fernandez J. R., Gilsanz V., Gould J. B., Miller N. J. NIH consensus development conference statement: lactose intolerance and health. *NIH Consens State Sci Statements*. 2010. Vol. 27. No. 2. P. 1–27.
8. Юдіна Т., Серенко А. Формування вітчизняного ринку безлактозних і низьколактозних молочних продуктів. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2021. № 2. С. 33–43. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)03).
9. Болгова Н., Самілик М., Назаренко Ю., Соколенко В. Технологія виробництва безлактозного йогурту з дотриманням принципів системи НАССР. *Таврійський науковий вісник: технічні науки*. 2021. № 4. С. 33–46. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.4>.

10. Sakkas L., Evageliou V., Igoumenidis P. E., & Moatsou G. Properties of Sweet Buttermilk Released from the Churning of Cream Separated from Sheep or Cow Milk or Sheep Cheese Whey: Effect of Heat Treatment and Storage of Cream. *Foods* (Basel, Switzerland). 2023. Vol. 11. No. 3. P. 465.
11. Contarini G., Povolito M. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14. No. 2. P. 2808–2831.
12. Дмитриков В. П., Горбенко О. В., Антонов А. В. Особливості переробки вторинної молочної сировини: екологічні інновації. *Екологія плюс*. 2019. № 1. С. 7–11.
13. Barukčić I., Lisak K., & Božanić R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technology and Biotechnology*. 2019. Vol. 57. No. 4. P. 448–460.
14. Yang J., Rainville P., Liu K., & Pointer B. Determination of lactose in low-lactose and lactose-free dairy products using LC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. No. 100. P. 1038–1057.
15. Романчук І. О. Наукове обґрунтування та розроблення способів підвищення ресурсоефективності промислового перероблення молочної сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів» / Ірина Олегівна Романчук; НУХТ. Київ, 2020. 290 с.
16. Романчук І. О., Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Моїсєєва Л. О. Закономірності ферментативного гідролізу лактози в молочній сировині. *Продовольчі ресурси*. 2021. Том 8. № 14. С. 165–174.
17. Трубінова А. А. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива / А. А. Трубінова, Т. Є. Шарахматова, К. О. Мамінтова, О. С. Цупра. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків : НТУ «ХПІ», 2018. № 9 (1285). С. 243–255. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.09.35.
18. Sharakhmatova T. Ye., Lozova O. O. Development of ice cream technology for people with lactase deficiency. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*. 2009. No. 2. P. 311–316.
19. Гніцевич В. Кінетика ферментолізу лактози молочної сироватки / В. Гніцевич, Н. Чикун, Ю. Гончар. *Товари і ринки*. 2017. № 2. С. 97–104.
20. Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С.108–116. [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09).

21. Yang J., Rainville P., Liu K., Pointer B. Determination of lactose in low-lactose and lactose-free dairy products using LC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. No. 100. P. 1038–1057.

22. Мінорова А. Підбір та дослідження ефективності заквашувальних препаратів з підвищеною β -галактозидазною активністю / Мінорова А., Романчук І., Даниленко С., Рудакова Т., Крушельницька Н., Потемська О., Наріжний С. Підбір та дослідження ефективності заквашувальних препаратів з підвищеною β -галактозидазною активністю. *Продовольчі ресурси*. 2022. Том 10. № 19. С. 88–98.

23. Моїсєєва Л. О. Розроблення технології низьколактозного кисломолочного продукту : дис. канд. техн. наук: 03.00.20. Інститут продовольчих ресурсів НААН України, 2021. 183 с.

24. Юдіна Т., Серенко А. Технологія низьколактозних молочних сумішей для йогуртів. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2022. № 3 (43). С. 108–116. [https://doi.org/10.31617/2.2022\(43\)09](https://doi.org/10.31617/2.2022(43)09).

25. Заквашувальні препарати для кисломолочних напоїв. Режим доступу: <https://www.chr-hansen.com/en/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/our-products-fresh-dairy>.

26. ДСТУ 4343:2004. Йогурти. Загальні технічні умови. Київ, 2005. 16 с.

27. Кулігін М. Л. Дослідження впливу регуляторів консистенції на якість та реологічні властивості йогурту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. № 2 (73). С. 41–47.

28. Геліх А. О., Даниленко С. Г., Крижська Т. А., Семерня О. В. Оптимізація реологічних показників структури йогурта із додаванням ізоляту білка насіння коноплі. *Продовольчі ресурси*. 2022. № 18. С. 51–60.

Information about the authors:

Serenko Anton Andriiovych,

Doctor of Philosophy in Food Technology,

Senior Lecturer at the Department of Restaurant and Craft Technologies

State University of Trade and Economics

19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Yudina Tetiana Illivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Gnitsevyh Victoriia Albertivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

**INNOVATIVE TECHNOLOGY
OF NON-ALCOHOLIC HEALTH BEVERAGES**

Tkachenko L. V., Vitriak O. P., Martsyn T. O.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-7>

INTRODUCTION

Scientists in many countries are working to create food products and beverages that have health-promoting properties, that is, they contribute to improving human health by enriching food products and beverages with biologically active substances (BAS)¹. In the modern world, due to unfavorable environmental conditions, stress, extreme loads, and malnutrition, the human body does not have enough internal reserves to maintain homeostasis of the main functional organs and systems.

Some plant components, in particular alkaloids, have a positive effect on the central and autonomic nervous systems, this property is used both for treatment and for prevention. This effect can be stimulating, toning or calming, relaxing. A significant amount of BAS is contained in natural plant raw materials: vegetables, fruits, medicinal plants, nuts.

The Ukrainian market of non-alcoholic health drinks is mainly represented by herbal and fruit herbal teas, to a lesser extent by drinks and syrups based on fruits, berries, and vegetables. Traditional herbal teas do not contain black and green tea leaves, but only local herbs, fruits, and berries. The high demand for herbal teas is due to their combination of nutritional, taste, and healing properties, and their consumption is associated with a healthy lifestyle². Consuming herbal extracts with tea helps increase the body's protective functions and reduce the impact of negative environmental factors on human health.

It is worth noting that the menu of restaurant establishments is almost devoid of non-alcoholic drinks for health purposes. In view of this, a rather relevant direction for scientists is the development of technologies for non-alcoholic

¹ Мірзоева Т.В. Аналіз сучасного стану виробництва лікарських рослин в Україні. *Приазовський економічний вісник*. 2018. № 6 (11). С. 62–67.

² Федько Л. Фіточай у профілактиці та лікуванні захворювань обміну речовин. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. № 73. С. 442–445.

drinks for health purposes using extracts of medicinal plants. Modern beverage production has a tendency towards the development of craft productions that have local use and quickly implement the latest technologies.

1. Characteristics of herbal medicinal raw materials in the technology of non-alcoholic health beverages

Among the raw materials used in the technology of non-alcoholic drinks, extracts of medicinal plants are promising. Most often, calendula, plantain and nettle leaves, yarrow roots, thyme grass, mint, viburnum, blackthorn are used in drinks³.

The following plant raw materials were selected for use in the technology of non-alcoholic health drinks: rose hips, linden blossom, St. John's wort, calendula flowers, mint, lemon balm, valerian root, plantain leaves, and chamomile flowers.

Linden blossom (*Flores Tiliae*) contains saponins, flavonoids, ascorbic acid, carotene, essential oil. Linden blossom enhances the secretion of gastric juice, increases bile formation, has pathogenic, antimicrobial, anti-inflammatory properties. Promotes the elimination of toxins and metabolites.

Rosehip (*Rosa majalis Herrm.*) is a “treasure trove” of vitamins. Rosehip fruits contain vitamins A, B₁, B₂, E, K and P, ascorbic acid, pectins, tannins, organic acids, fatty oil, flavonoids, carotene, glycosides, kaempferol and quercetin, salts of manganese, iron, magnesium, calcium and phosphorus. Rosehip fruits are used as an astringent, firming agent, they are prescribed for liver diseases, malaria, urolithiasis, colds. Decoctions and syrups from rosehip fruits are used for preventive and therapeutic purposes for scurvy, bleeding, anemia⁴.

St. John's wort (*Hypericum perforatum L*) is a perennial herbaceous plant that grows in Ukraine. Contains flavonoids, tannins, carotene, essential oil, nicotinic and ascorbic acids, vitamins P and PP, choline, anthocyanins, alcohols, traces of alkaloids and other compounds. St. John's wort is characterized by antispasmodic, capillary-strengthening, anti-inflammatory and antibacterial properties.

Calendula officinalis or marigolds (*Calendula officinalis*) is an annual herbaceous plant. The flowers of the plants contain: carotene, rubixanthin, flavochrome, flavoxanthin, glycosides, resins, mucous and bitter substances,

³ Vitriak O., Tkachenko L. Spicy and aromatic raw materials in the technology of healthy desserts and drinks // Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. P. 381–395. DOI: 10.30525/978-9934-26-328-6-17

⁴ Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень. Бюро Президії НААН. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=2829 (дата звернення: 01.06.2026).

organic acids, ascorbic acid, vitamins. Calendula has anti-inflammatory, wound healing, bactericidal, properties⁵.

Mint (*Mentha*) is a genus of plants in the family *Stinging nettle*. Mint is rich in essential oil (not less than 2% menthol), contains organic acids, tannins, flavonoids, carotene, trace elements (copper, manganese, strontium, etc.). Mint has sedative, choleric, antiseptic properties, and also enhances the secretion of digestive glands, improves appetite, and has an antispasmodic effect. Peppermint is mainly used for herbal teas, and in vitro studies have proven that this plant has significant antimicrobial and antiviral activity, strong antioxidant and antitumor effects, as well as some antiallergenic potential⁶.

Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) (lemon mint, lemon grass, lemon balm) is a perennial herbaceous plant. Lemon balm leaves contain essential oil (up to 0.3%), ascorbic acid, carotene, resins, tannins, caffeic, oleanolic and ursolic acids. Lemon balm water is a part of anticonvulsant mixtures, the oil has a sedative effect, the leaves have antibacterial properties. Lemon balm essential oil contains citral, citronellal, geraniol, and has a lemon aroma. It is part of herbal preparations used for insomnia and as a sedative⁷.

Valerian (*Valeriana officinalis* L.) is a perennial herb with a bunch of numerous thin roots that have a strong odor. The rhizome and roots of valerian contain essential oil, free isovaleric acid, borneol, terpenoids, alkaloids (valerine, hatinine, actinidin), glycosides (valeride), sugars, tannins. The roots of the plant have a calming effect on the nervous system, are used as an antispasmodic, tonic, for nervous excitement, hysteria, dizziness, insomnia, heart neuroses, nervous palpitations, asthma, migraines⁸.

Plantain (*Plantago major* L., *Plantago borysthena* Rogow) is a perennial herbaceous plant of the plantain family. Plantain extract has an antisclerotic effect, reduces cholesterol in the blood. Plantain seeds contain aucubin, protein and tannins, fatty oil, enzymes, resins. In folk medicine, they are used for inflammatory processes in the stomach, intestines and chronic constipation.

Chamomile (*Matricaria recutita* L.), its flowers contain essential oils (chamazulene), organic acids, coumarins, mineral salts, glycosides, vitamins.

⁵ Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень. Бюро Президії НААН. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=2829 (дата звернення: 01.06.2026).

⁶ Switalski M., Rybowska A. Non-alcoholic beverages with plant additives as a case of product innovation – A systematic review of scientific articles. *Humanities & Social Sciences Reviews*. 2022. Vol. 10. P. 34–45. DOI: 10.18510/hssr.2022.1015.

⁷ Shakeri A., Sahebkar A., Javadi B. *Melissa officinalis* L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 2016. Vol. 188. P. 204–228. DOI: 10.1016/j.jep.2016.05.010

⁸ Shakeri A., Sahebkar A., Javadi B. *Melissa officinalis* L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 2016. Vol. 188. P. 204–228. DOI: 10.1016/j.jep.2016.05.010.

Chamomile decoctions have a choleretic effect, exhibit painkilling, and sedative properties. Chamomile preparations are used for gastritis, hepatitis, cholecystitis, colitis, cystitis, and gastric and duodenal ulcers⁹.

Below is a detailed analysis of the beneficial properties and chemical composition of the selected raw materials (Table 1)¹⁰.

Table 1

Useful properties of medicinal plant raw materials

Plant name	Consumer form	Biologically active substances (BAS)	Health benefits from use
1	2	3	4
Rosehip May (<i>Rosa majalis</i> <i>Herrm.</i>)	Dried fruits	Ascorbic acid; carotene; vitamins B ₁ , B ₂ , PP, K; pantothenic acid; flavonoids; pectin substances; organic acids; salts of iron, manganese, magnesium, potassium	Antisclerotic and anti- inflammatory effect; activation of enzyme systems and redox processes in the body; elimination of vitamin C deficiency; normalization of carbohydrate metabolism; reduction of capillary fragility and permeability
Mint (<i>Mentha</i>)	Fresh and dried leaves	Menthol, carotene, organic acids; vitamin C; rutin; flavonoids; trace elements; tannins; cineole	Sedative, hypotensive, antiseptic, analgesic and antiemetic effects; antihypoxic and weak antispasmodic effect; stimulation of bile secretion; thinning and removal of phlegm from the bronchi and lungs
Melissa officinalis (<i>Lemon balm</i>) (<i>Melissa</i> <i>officinalis</i> L.)	Fresh and dried leaves	Vitamins: C and B vitamins; minerals: potassium, iron, magnesium; essential oils	Overcoming insomnia; sedative; improving the functioning of the nervous system; lowering blood pressure in hypertension; analgesic effect; improving the functioning of the gastrointestinal tract
St. John's wort (<i>Hypericum</i> <i>perforatum</i> L.)	Dried twigs with inflores- cences and leaves	Flavonoids, tannins, carotene, vitamins P, PP, choline, essential oils	Antispasmodic, capillary- strengthening, antibacterial and anti-inflammatory effects
Calendula officinalis (<i>Calendula</i> <i>officinalis</i>)	Flowers	Carotenoids, flavochrome, glycosides, resins, mucilages, organic and ascorbic acids	Anti-inflammatory, bactericidal, wound healing effect

⁹ Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень. Бюро Президії НААН. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=2829 (дата звернення: 01.06.2026).

¹⁰ Shaik M., Hamdi I. H., Sarbon N. A comprehensive review on traditional herbal drinks: Physicochemical, phytochemicals and pharmacology properties. *Food Chemistry Advances*. 2023. Vol. 3. Article 100460. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100460.

Continuation of table 1

1	2	3	4
Valerian root (<i>Valeriana officinalis</i> L.)	Roots	Essential oil, isovaleric acid, borneol, alkaloids (valerenic), glycosides	Pronounced sedative effect; antispasmodic effect in heart neuroses and insomnia
Plantain (<i>Plantago major</i> L.)	Fresh and dried leaves	Glycoside aucubin, polysaccharides, tannins, enzymes, organic acids	Anti-sclerotic effect; cholesterol reduction; anti-inflammatory effect in gastritis
Chamomile (<i>Matricaria recutita</i> L.)	Flowers	Essential oil (chamazulene), organic acids, coumarins, glycosides, vitamins	Choleretic, antispasmodic, sedative effect; used for peptic ulcer disease
Linden blossom (<i>Flores Tiliae</i>)	Flowers	Saponins, flavonoids, ascorbic acid, carotene, essential oil	Antimicrobial, diaphoretic effect; increased secretion of gastric juice; elimination of toxins

Source: developed by the authors based on Shakeri A. et al (2016), Shaik M. et al (2023) and B. II. HAAH (2025).

The chemical composition of medicinal plants is represented by the main groups of physiologically active substances: flavonoids, tannins, vitamins, macro – and microelements, organic acids, essential oils (Table 2).

Table 2

Chemical composition of medicinal plants

Plant raw materials	Mass fraction, %			
	extractive substances	essential oils	tannins	ascorbic acid, mg %
Chamomile	42.3	0.85	3.8	18
Calendula	42.1	0.02	2.5	100
St. John's Wort	43.0	0.35	13.0	120
Mint	34.3	2.75	12.1	260
Plantago	37.8	0.01	5.0	300
Linden	40.7	0.05	6.8	25
Rosehip	38.4	0.01	4.5	2900
Lemon balm	45.7	0.33	5.0	150
Valerian	36.8	1.50	2.3	5

Source: developed by the authors based on Shakeri A. et al (2016) and B. II. HAAH (2025).

2. Technology and comprehensive quality assessment of new non-alcoholic beverages

As a control sample for the research, non-alcoholic drinks typical of Ukrainian cuisine “Rosehip Drink” and “Linden Blossom Tea” were chosen¹¹.

Extracts from medicinal plants were prepared in a ratio of 1:10 by keeping a portion of each plant in distilled water at a temperature of 75°C for 30 minutes with constant stirring. The obtained aqueous extracts of mint, chamomile, St. John's wort, calendula, lemon balm (melissa), valerian, and plantain were filtered and compositions were created by organoleptic analysis. The best results in terms of taste and aromatic qualities were obtained by composition A, which included: extracts of plantain, calendula, mint, and St. John's wort in a ratio of 1:0.5:2:1, respectively. The second composition D consisted of extracts of lemon balm (melissa), valerian, and calendula in a ratio of 2:1:0.5 (Fig. 1).

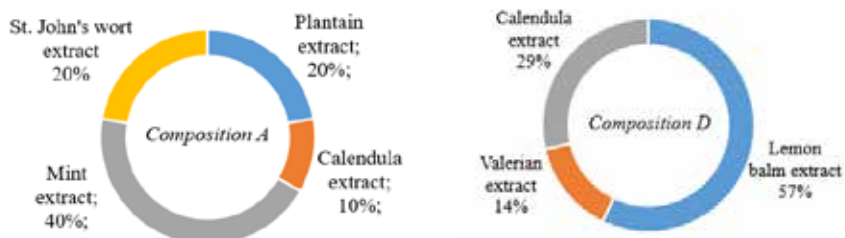


Fig. 1. Structural model of the prescription composition of herbal extracts (Composition A and Composition D)

Source: developed by the authors.

Rosehip and linden blossom, as a base, were brewed separately according to the recipe of these drinks “Rosehip Drink” and “Linden Blossom Tea”. According to the results of organoleptic studies, it was found that composition A is the most successful for a rosehip drink, since its refreshing and tonic properties are harmoniously combined with the sweet and sour taste of rosehip fruits. Composition D turned out to be optimal for linden blossom tea, the components of which form a soft aromatic bouquet and emphasize the delicate honey-herbal taste of linden blossom.

The amount of composite solutions of herbal extracts in the experiments (% of water content according to the recipe) was 5, 10, 15, 20%. The organoleptic evaluation of the drinks “Rosehip drink with herbal extracts”

¹¹ Лапицька Н. В. Технологія напоїв, екстрактів та концентратів : навч. посіб. Чернівці : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2021. 217 с.

(based on composition A) and “Linden blossom drink with herbal extracts” (based on composition D) was carried out on a 5-point scale (Table 3).

Table 3

Organoleptic characteristics of non-alcoholic health drinks

Experiment options	Organoleptic evaluation of indicators, points					Overall organoleptic assessment
	Appearance	Smell	Color	Taste	Consistence	
	Коефіцієнт варіантності					
	2	1.5	1.5	3	2	
“Rosehip drink with herbal extracts”						
Control	4.8	4.7	4.6	4.8	4.9	4.6
Experiment 1 (5%)	4.8	4.8	4.6	4.8	4.9	4.7
Experiment 2 (10%)	4.8	4.8	4.6	4.9	4.9	4.8
Experiment 3 (15%)	4.8	4.8	4.6	4.6	4.9	4.6
Experiment 4 (20%)	4.8	4.7	4.6	4.5	4.9	4.4
“Linden blossom drink with herbal extracts”						
Control	4.8	4.7	4.6	4.8	4.9	4.6
Experiment 1 (5%)	4.8	4.8	4.6	4.6	4.9	4.6
Experiment 2 (10%)	4.8	4.8	4.6	4.8	4.9	4.7
Experiment 3 (15%)	4.8	4.8	4.6	4.9	4.9	4.8
Experiment 4 (20%)	4.8	4.7	4.6	4.5	4.9	4.5

Source: developed by the authors.

When the content of the herbal extract composition is increased to 20% in a non-alcoholic drink based on rose hips, a deterioration in taste and the appearance of excessive bitterness are observed. According to the results of the study, it was found that the most optimal option for the “Rose hip drink with herbal extracts” is Experiment 2 using the herbal extract composition A in an amount of 10% of the total volume of the drink. The developed drink is characterized by a refreshing sweet-sour taste and pleasant spicy-herbal shades of aroma, which are harmoniously combined with the natural taste of rose hips.

According to the results of organoleptic studies of the drink “Linden blossom drink with herbal extracts”, the optimal option for the content of herbal extracts of composition D is 15% (Experiment 3). Flavor components of the drink: refreshing, spicy, sour, herbal. The aroma of the drink is formed from spicy and fruity shades. The intensity of the aroma is well expressed in two samples of health drinks.

The developed technology of the drink using linden blossom and spicy-aromatic plant raw materials is presented in Fig. 2.

The technological process of preparing “Rosehip Drink with Herbal Extracts” includes preparing plant raw materials, extracting medicinal herbs,

preparing rosehip infusion, and mixing components in certain proportions (Fig. 3).

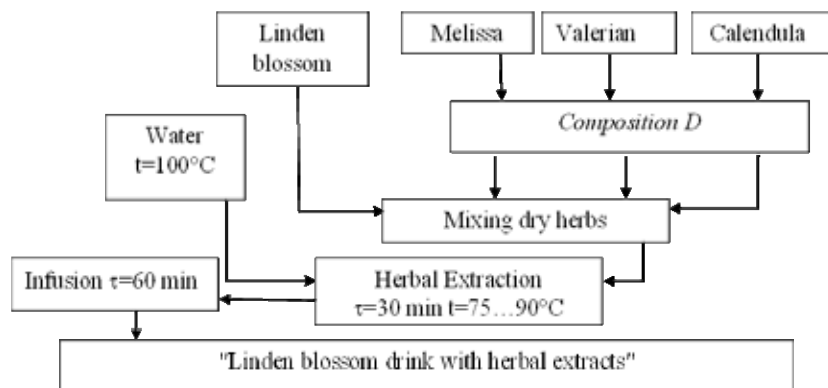


Fig. 2. Technological scheme for preparing "Linden blossom drink with herbal extracts"

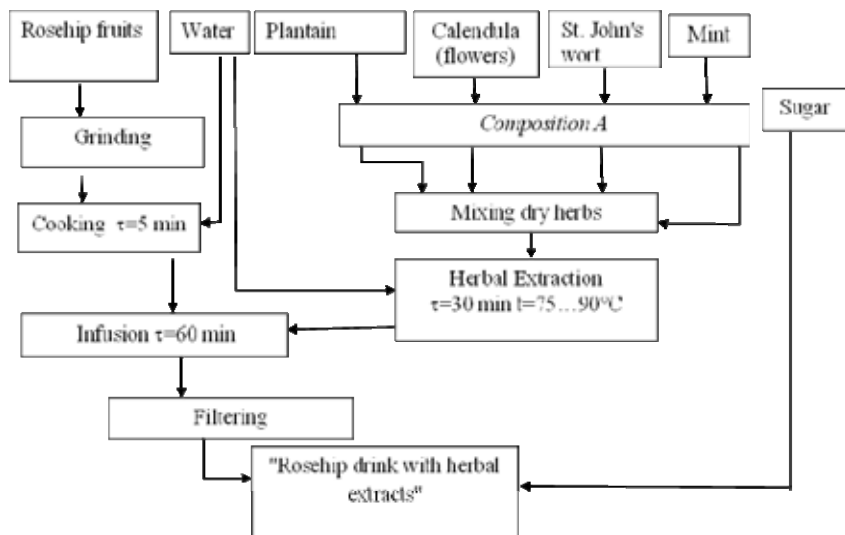
Source: developed by the authors.

An important stage of the comprehensive evaluation of the developed non-alcoholic product "Rosehip drink with herbal extracts" (using the optimally defined composition A in an amount of 10% of the total volume) was the study of the chemical composition. Since the purpose of the innovative technology is to provide the drink with health-improving properties¹², key attention was paid to the analysis of the transition of biologically active substances (BAS) from plant raw materials (rosehip, plantain, calendula, mint and St. John's wort) to the finished product (Table 4).

Since linden blossom has a moderate content of nutrients, the addition of a balanced complex of medicinal herbs increases the biological value of the drink and enhances its therapeutic and prophylactic properties due to the synergistic interaction of the components of composition D. The content of Pectin substances, Vitamin C (Ascorbic acid), and minerals (Iron, Phosphorus, Sodium, Magnesium, Calcium) increased (Table 5).

To summarize the results of experimental studies and conduct an objective assessment of the developed non-alcoholic health drinks, a complex quality indicator was calculated. For the calculation, key descriptors were selected that

¹² Жеплінська М., Муштрук М., Василів В., Горенков К. Напої з використанням екстрактів лікарської рослинної сировини. *Здоров'я людини та нації*. 2023. № 1. С. 37–48. DOI: 10.31548/humanhealth.1.2023.37.



**Fig. 3 Technological scheme for preparing
"Rosehip drink with herbal extracts"**

Source: developed by the authors.

Table 4
Chemical composition of "Rosehip drink with herbal extracts" (per 100 g)

Chemical composition	Substance content				Difference (g/mg) +/-	Deviation,%
	Rosehip drink		Rosehip drink with herbal extracts			
	Control	% of daily requirement	Experiment	% of daily requirement		
1	2	3	4	5	6	7
Ascorbic acid (Vitamin C)	0.8	0.9	1.20	1.30	+0.40	+150.0
Beta-carotene	0.02	0.36	0.03	0.60	+0.01	+150.0
Calcium	0.23	0.03	0.37	0.05	+0.14	+160.9
Iron	0.30	3.00	0.60	6.00	+0.3	+200.0
Magnesium	0.70	0.18	0.80	0.20	+0.10	+28.6
Phosphorus	0.70	0.09	0.70	0.09	0.00	0.00
Potassium	1.90	0.08	2.00	0.08	+0.10	+105.2
Sodium	0.40	0.03	0.60	0.05	+0.20	+150.0
Manganese	0.20	4.00	0.40	8.00	+0.20	+200.0
Zinc	0.30	2.50	0.70	5.80	+0.40	+233.3

Continuation of table 4

1	2	3	4	5	6	7
Pectin substances	0.12	0.05	0.23	0.09	+0.11	+191.7
Tannins	0.02	–	0.03	–	0.01	+150.0
Organic acids	0.37	–	0.40	–	0.03	+108.1
Energy value, kcal	6.09	0.38	8.14	0.51	+2.05	+133.7

Source: developed by the authors.

are crucial for ensuring high quality of restaurant products and providing drinks with clearly expressed functional properties. Since drinks have a different raw material base, the nomenclature of determining parameters for each of them was formed individually. For the “Rosehip drink with herbal extracts”, the list

Table 5

**Chemical composition of “Linden blossom drink with herbal extracts”
(per 100 g)**

Chemical composition	Substance content				Difference (g/mg) /+/-	Deviation,%
	Linden blossom tea		Linden blossom drink with herbal extracts			
	Control	% of daily requirement	Experiment	% of daily requirement		
Ascorbic acid (Vitamin C)	0.40	0.44	0.50	0.56	+0.10	+125.0
Beta-carotene	0.02	0.40	0.05	1.00	+0.03	+250.0
Calcium	0.14	0.02	0.20	0.03	+0.06	+142.8
Iron	0.20	2.00	0.40	4.00	+0.20	+200.0
Magnesium	0.60	0.15	0.90	0.26	+0.30	+150.0
Phosphorus	0.40	0.05	0.70	0.09	+0.30	+175.0
Potassium	1.20	0.05	1.50	0.06	+0.30	+125.0
Sodium	0.50	0.04	0.80	0.06	+0.30	+160.0
Zinc	0.23	1.92	0.23	1.92	0.00	0.00
Aluminum	0.60	1.71	0.70	2.00	+0.10	+116.7
Pectin substances	0.60	0.25	0.90	0.38	+0.30	+150.0
Tannins	0.04	—	0.05	—	+0.01	+125.0
Organic acids	0.46	—	0.50	—	+0.04	+108.7
Energy value, kcal	5.42	0.31	7.51	0.45	+2.09	+138.6

Source: developed by the authors.

included organoleptic assessment, content of Ascorbic acid (Vitamin C), Iron, Magnesium, Pectin substances and Beta-carotene. For the “Linden blossom drink with herbal extracts”, the organoleptic assessment, Beta-carotene (Provitamin A), Phosphorus, Calcium, Pectin substances, Sodium were selected as determining criteria. During the assessment, the real significance of each individual parameter in their totality was taken into account by determining the corresponding weight coefficients. The results of mathematical calculation of single and complex quality indicators for control and experimental samples of both drinks are given in Table 6.

Table 6

Calculation of a comprehensive quality indicator for non-alcoholic health beverages

Indicator	Weighting coefficient, units	Control	Experiment
1	2	3	4
“Rosehip drink with herbal extracts”			
Organoleptic assessment, points	0.2	4.60	4.80
Ascorbic acid (Vitamin C)	0.2	0.80	1.20
Iron	0.1	0.30	0.60
Magnesium	0.2	0.70	0.80
Pectin substances	0.2	0.12	0.23
Beta-carotene	0.1	0.40	0.05
<i>Single quality indicators</i>			
Organoleptic assessment, points	κ_1	0.225	0.614
Ascorbic acid (Vitamin C)	κ_2	0.225	0.614
Iron	κ_3	0.112	0.307
Magnesium	κ_4	0.225	0.614
Pectin substances	κ_5	0.225	0.614
Beta-carotene	κ_6	0.112	0.307
<i>Comprehensive quality indicator, units</i>		1.124	3.07
“Linden blossom drink with herbal extracts”			
Organoleptic assessment, points	0.2	4.6	4.8
Beta-carotene (Provitamin A)	0.2	0.3	0.4
Phosphorus	0.1	0.4	0.5
Calcium	0.2	0.6	0.7
Pectin substances	0.2	0.12	0.9
Sodium	0.1	0.5	0.8

Continuation of table 6

1	2	3	4
<i>Single quality indicators</i>			
Organoleptic assessment, points	κ_1	0.215	0.334
Beta-carotene (Provitamin A)	κ_2	0.215	0.334
Phosphorus	κ_3	0.103	0.206
Calcium	κ_4	0.215	0.334
Pectin substances	κ_5	0.215	0.334
Sodium	κ_6	0.103	0.206
<i>Comprehensive quality indicator, units</i>		1.12	2.05

Source: developed by the authors.

According to the calculation results, the complex quality indicator for the “Rosehip drink with herbal extracts” increased from 1.124 (control) to 3.07 units (experiment), and for the “Linden blossom drink with herbal extracts” – from 1.12 (control) to 2.05 units (experiment). In order to clearly visualize the results obtained and model the consumer value of non-alcoholic health drinks, quality profile graphs were constructed (Fig. 4).

CONCLUSIONS

The relevance of developing health drinks, which corresponds to the current trends of increasing consumer demand for functional products, has been substantiated. The feasibility of using extracts of medicinal plants for enriching drinks has been proven. Consumption of drinks based on extracts of medicinal plants is aimed at increasing the protective functions of the body by enriching the diet with biologically active substances.

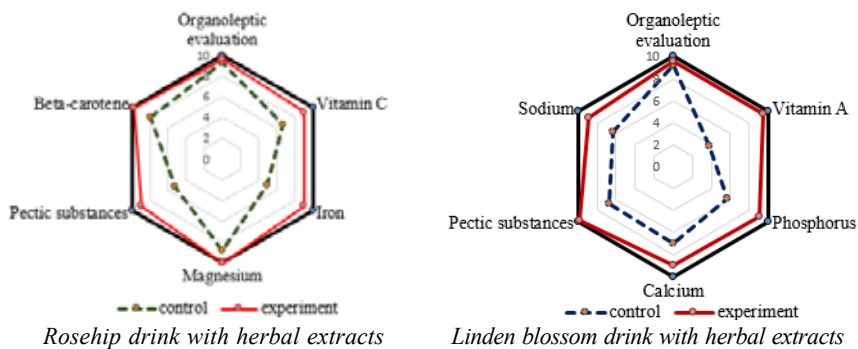


Fig. 4. Quality profiles of non-alcoholic health beverages

9 types of plant raw materials were selected and analyzed, including rosehip fruits; mint, plantain, lemon balm leaves; chamomile, calendula flowers; linden blossom, St. John's wort grass, valerian roots. The beneficial properties of the raw materials were determined in terms of the presence of biologically active substances, as well as the health-improving effect on the human body. The chemical composition of plant raw materials was analyzed for the content of extractive substances, essential oils, tannins and ascorbic acid. The value of these indicators was taken into account when creating compositions of extracts of medicinal plants. Rosehip and linden blossom extracts were proposed as the basis for non-alcoholic health drinks. Various compositions of plant extracts were tested. The best results in terms of taste and aroma were shown by: composition A, which consists of extracts of plantain, calendula, mint, St. John's wort in a ratio of 1:0.5:2:1, and composition D, which consists of extracts of lemon balm, valerian, and calendula in a ratio of 2:1:0.5. "Rosehip drink with herbal extracts" (based on composition A) and "Linden blossom drink with herbal extracts" (based on composition D) were developed, and an organoleptic assessment of the drinks was carried out. Based on the tasting assessment, rational amounts of plant extract compositions in the composition of health drinks were determined. Technological schemes of drinks were developed, calculations of chemical composition, complex quality indicators were carried out, quality profiles of non-alcoholic drinks for health purposes were built.

Technologies of new health drinks were developed, which have improved taste properties, increased content of biologically active substances, and also have a positive effect on the human body. The prospects of introducing the developed drinks in restaurant establishments, as well as in fitness clubs, SPA centers and health-improving establishments were substantiated. The technology of the developed soft drinks can be recommended for craft productions that are focused on the rapid introduction of innovations and meeting local demand for non-alcoholic health beverages.

SUMMARY

The article reveals an innovative technology of non-alcoholic health drinks based on plant raw materials and compositions of herbal extracts. The relevance of the study is due to the need to expand the range of functional products enriched with biologically active substances (BAS) in the conditions of an unfavorable environmental situation and growing demand for a healthy lifestyle, as well as the need to introduce such drinks into the menus of restaurant establishments and craft industries. The chemical composition and beneficial properties of promising medicinal raw materials (rose hips, linden blossom, mint, lemon balm, St. John's wort, calendula, etc.) are analyzed. The process of creating

prescription compositions of extracts is characterized and their effect on the organoleptic indicators of finished products is determined. The optimal doses of herbal complexes were substantiated: 10% of the composition of plantain, calendula, mint and St. John's wort for the "Rosehip Drink" and 15% of the composition of lemon balm, valerian and calendula for the "Linden Blossom Drink".

The chemical composition of the developed drinks was studied and a significant increase in their biological value (in particular, the content of vitamin C, vitamin A, pectin substances and mineral elements) was proven due to the synergistic effect of the components. A complex quality indicator was mathematically calculated, which confirmed the superiority of the experimental samples over the control ones. The results of the study confirm that the developed craft technology is an effective tool for increasing the consumer value of drinks and can be successfully recommended for implementation in restaurant establishments.

Bibliography

1. Жеплінська М., Муштрук М., Василів В., Горенков К. Напої з використанням екстрактів лікарської рослинної сировини. *Здоров'я людини та нації*. 2023. № 1. С. 37–48. DOI: 10.31548/humanhealth.1.2023.37.
2. Лапицька Н. В. Технологія напоїв, екстрактів та концентратів : навч. посіб. Чернівці : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2021. 217 с.
3. Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень. Бюро Президії НААН. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=2829 (дата звернення: 01.06.2026).
4. Мірзоева Т. В. Аналіз сучасного стану виробництва лікарських рослин в Україні. *Приазовський економічний вісник*. 2018. № 6 (11). С. 62–67.
5. Федько Л. Фіточай у профілактиці та лікуванні захворювань обміну речовин. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. № 73. С. 445.
6. Shaik M., Hamdi I. H., Sarbon N. A comprehensive review on traditional herbal drinks: Physicochemical, phytochemicals and pharmacology properties. *Food Chemistry Advances*. 2023. Vol. 3. Article 100460. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100460.
7. Shakeri A., Sahebkar A., Javadi B. Melissa officinalis L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 2016. Vol. 188. P. 204–228. DOI: 10.1016/j.jep.2016.05.010.

8. Świtalski M., Rybowska A. Non-alcoholic beverages with plant additives as a case of product innovation – A systematic review of scientific articles. *Humanities & Social Sciences Reviews*. 2022. Vol. 10. P. 34–45. DOI: 10.18510/hssr.2022.1015.

9. Vitriak O., Tkachenko L. Spicy and aromatic raw materials in the technology of healthy desserts and drinks // *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : Scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. P. 381–395. DOI: 10.30525/978-9934-26-328-6-17.

Information about the authors:

Tkachenko Liubov Volodymyrivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Meat, Fish and Seafood Technology
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
16 Vystavkova Street, 16, Kyiv, Ukraine

Vitriak Oksana Pavlivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department
of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Martsyn Tetiana Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department
of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

03

SECTION



A BALANCED DIET AND SUSTAINABLE DIETS

ВИКОРИСТАННЯ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ «КЛІТКОВИНА ГРЕЧАНА» У ВИРОБНИЦТВІ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Євлаш В. В., Кобаса І. М., Газзаві-Рогозіна Л. В.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-8>

ВСТУП

Харчування належить до найважливіших факторів, що визначають якість і тривалість життя сучасної людини, ускладненою несприятливою екологічною ситуацією, соціальними проблемами, стресами, малорухливим способом життя, шкідливими звичками і т.п. На цьому фоні порушення основних принципів раціонального харчування, пов'язане з порушенням балансу енергії та харчових речовин, одноманітністю харчових раціонів, вживанням в їжу рафінованих продуктів, що пройшли глибоку промислову переробку, а також з неправильним режимом харчування, призвело до зменшення опірності організму впливу навколишнього середовища та зростання числа хронічних захворювань. Один із основних принципів концепції здорового харчування – положення про те, що харчування має не тільки задовольняти потреби організму людини в харчових речовинах та енергії, а й виконувати профілактичні та лікувальні цілі. Однак результати епідеміологічних досліджень, проведених у нашій країні, виявили серйозний дисбаланс у забезпеченості населення харчовими речовинами, зокрема зниження рівня споживання джерел повноцінного білка, поліненасичених жирних кислот, низки вітамінів та мінеральних речовин, харчових волокон на тлі підвищеного рівня споживання насичених жирів, цукру та алкоголю. За сучасного малорухливого способу життя більшості жителів міст їхні енергетичні потреби (середні витрати енергії) у 2010 р. становили 2964 ккал, у 2020 р. – 2190 ккал¹. Серед наслідків такої ситуації – розвиток та поширення різноманітних порушень обміну речовин, у тому числі ожиріння. У найбільших областях України від 20 до 23% дорослого

¹ Epstein D. E., Sherwood A., Smith P. J., Craighead L., Caccia C., Lin P. H. et al. Determinants and consequences of adherence to the dietary approaches to stop hypertension diet in African-American and white adults with high blood pressure: results from the ENCORE trial. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2012. Vol. 112. No. 11. P. 1763–1773. DOI: 10.1016/j.jand.2012.07.007.

населення має індекс маси тіла понад 30 за норми 20–25. Ефективний засіб профілактики ожиріння – введення до харчових раціонів достатньої кількості харчових волокон, рекомендований рівень добового споживання яких становить 25–38 г². Проте в нашій країні потреба населення в харчових волокнах практично в усіх регіонах задовольняється лише на третину у разі збереження тенденції до подальшого зниження рівня споживання цієї групи функціональних інгредієнтів – овочів, продуктів, що містять цільне зерно, борошно грубого помелу, висівки. В раціонах харчування населення України переважають борошняні кондитерські вироби, макаронні вироби та хліб з борошна вищого ґатунку, шліфований рис, очищені та оброблені крупи тощо, але вони не є повноцінними джерелами харчових волокон^{3, 4, 5}. Один зі способів, що дозволяють зменшити дефіцит харчових волокон у харчуванні населення, – введення волокон у різноманітні харчові продукти, особливо у борошняні кондитерські вироби, підвищення їхньої споживчої привабливості завдяки високим органолептичним властивостям, новизні та очевидній корисності для здоров'я.

1. Аналіз можливості використання нетрадиційних видів сировини у виробництві борошняних кондитерських виробів

Як зазначалося вище, один із ефективних способів зниження дефіциту харчових волокон у раціоні населення полягає у збагаченні ними різних продуктів харчування, зокрема борошняних кондитерських виробів, із одночасним підвищенням їхньої споживчої привабливості за рахунок високих органолептичних показників, новизни та очевидної користі для здоров'я.

Харчові волокна (клітковина) – це різновид складних вуглеводів, крім лігніну, які не розчиняються і не піддаються руйнуванню кислотами, лугами

² Михайленко В. Л. Профілактика ожиріння – запорука здоров'я нації. *Сімейна медицина*. 2022. № 1–2 (99–100). С. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.30841/2307-5112.1-2.2022.260505>.

³ Tsykhanovska I., Yevlash V., Gazzavi-Rogozina I., Lazarieva T., Tovma L. Pokrashchennia spozhyvnykh vlastyvostei keksiv, zbahachenykh kharchovoiu dobavkoiu kombinovanoho skladu. *Food Science and Technology*. 2025. Vol. 19. No. 2. P. 18–31. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v19i2.3185>.

⁴ Tsykhanovska I., Tovma L., Lazarieva T., Blahyi O., Alexandrov A., Rikunov M., Kaplun S., Rikunov O., Smahin O. Improving the quality of rye-wheat bread enriched with flour from extruded kernels of sunflower seeds for food supplies to military personnel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 1. No. 11 (121). P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273933>.

⁵ Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Гладкоскок А. А. Оптимізація рецептурного складу кексів, збагачених борошном з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС). *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі* : зб. наук. пр. / редкол.: В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін. Харків : ДБТУ, 2025. Вип. 1 (37). С. 149–164. URL: <http://pttpecbt.btu.kharkiv.ua/pttpecbt/article/view/195>.

та ферментами травного тракту людини. Харчові волокна розщеплюються лише частково у товстому кишечнику під впливом мікрофлори кишечника⁶. Цінність харчових волокон у тому і полягає, що вони не перетравлюються у шлунково-кишковому тракті людини. Синонімами назви харчових волокон є терміни «баластні речовини», «вуглеводи, що не засвоюються», «клітковина», «рослинні волокна» та інші. Найбільш правильний з погляду науки про харчування та хімічну структуру цих речовин термін «харчові волокна»⁷. Харчові волокна – це комплекс складних вуглеводів: клітковини (целюлози), геміцелюлози, пектинів, камеді (гумми), слизу, а також лігніну, що не є вуглеводом (полімер ароматичних спиртів)⁸.

Целюлоза (клітковина) є полімером глюкози. Мікроскопічна клітковина («очищена клітковина») – харчова добавка, що застосовується в дієтах у разі ожиріння, цукрового діабету 2 типу та інших захворювань. Більш корисно використовувати клітковину (целюлозу) не з харчової добавки, а з продуктів, що містять комплекс нутрієнтів та інші компоненти харчових волокон. Целюлоза – це один із важливих елементів у харчуванні людини. Вона скорочує час перебування їжі у шлунково-кишковому тракті та одночасно сприяє очищенню організму від токсинів та шлаків. Грубі харчові волокна (клітковина) – це один із важливих харчових компонентів. Клітковина належить до поживних речовин, які подібно до вітамінів, мінеральних солей і води, не забезпечують організм енергією, але відіграють важливу роль у його життєдіяльності. Крім того, клітковина є їжею для мікрофлори кишківника. Чемпіонами за вмістом грубих харчових волокон є різні макухи – те, що залишається після віджиму рослинної олії (льняне борошно, конопляна макуха, шрот розторопші та ін.) та висівки, які йдуть у відхід у процесі виготовлення рафінованого борошна вищих сортів. Висівки, як і макухи, містять грубі харчові волокна у високій концентрації. Денна норма харчових волокон становить 25–35 або 10–15 грамів на 1000 ккал харчового раціону. Не менше половини з них повинні становити грубі харчові волокна (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін), а друга половина добової норми повинна надходити у вигляді м'яких харчових волокон (пектину, камеді, слизу). Кожна фракція з них виконує свої функції щодо оздоровлення організму, поліпшення якості

⁶ EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*. 2010. Vol. 8, No. 3. Art. 1462. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1462>.

⁷ Qi X., Li Y., Fang C., Jia Y., Chen M., Chen X., Jia J. The associations between dietary fibers intake and systemic immune and inflammatory biomarkers: a multi-cycle study of NHANES 2015–2020. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, No. 17. Art. 3390. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15173390>.

⁸ Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 2013. Vol. 5, No. 4. P. 1417–1435. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5041417>.

життя та працездатності. У збалансованому харчовому раціоні мають бути різні представники харчових волокон⁹. Натепер пріоритетні наукові дослідження з розробки ефективних технологій комплексної переробки відходів виробництва, що дозволяє найповніше використовувати вихідну сировину з отриманням продуктів, уникаючи накопичення та потрапляння шкідливих речовин у довкілля. Перспективна сировина для отримання різних корисних людині функціональних матеріалів – великотоннажні відходи сільського господарства, які насамперед концентруються на переробних підприємствах. Тому останніми роками велику увагу приділяють пошуку нових способів виділення та аналізу цінних речовин з відходів виробництва, які раніше не використовувались.

2. Використання гречаної лузги як цінного харчового інгредієнта

Гречана лузга – це відходи виробництва гречаної крупи. Під час переробки зерна гречки на крупу лузга становить близько 22% від загальної маси вихідної сировини. Попри низьку собівартість, вона є цінною сировиною для подальшої переробки. Гречана лузга становить 1/3 від загальної маси зерна, вона темно-коричневого кольору, складається з грубих товстостінних клітин, які частково заповнені водорозчинним коричневим пігментом – фагопірином. Хімічний склад гречаної лузги коливається в широких діапазонах і залежить від сорту гречки, умов її вирощування та від характеристики технологічного процесу переробки зерна. Тому в літературних джерелах відомості щодо хімічного складу гречаної лузги дещо відрізняються між собою. Лузга гречки у значній кількості містить полісахариди, які важко гідролізуються, мінеральні речовини, білки, крохмаль, мікроелементи, а також кумарини, похідні коричної кислоти, амінокислоти, антраценпохідні і дубильні речовини, переважно гідролізованої групи.

В основному лузга гречки містить до 50% клітковини, 3–4% сирого білка, 4–5% ліпідів, 0,2–0,3% цукрів, 9–10% золи. Вона багата комплексним мінеральним складом; у ній наявні залізо, хром, калій, натрій, магній, цинк, мідь, фосфор, срібло, кальцій, алюміній. Вміст мінеральних речовин залежить від багатьох показників, зокрема, значною мірою від сорту гречки, але для всіх сортів характерний значний вміст калію¹⁰.

⁹ Stabnikova O., Stabnikov V., Paredes-López O. Wild edible plants, berries, mushrooms and seaweeds in food production. In: Gubsky S., Stabnikova O., Stabnikov V., Paredes-López O. Wild edible plants: Improving foods nutritional value and human health through biotechnology. Boca Raton : CRC Press, 2025. P. 1–47. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003486794-1>.

¹⁰ Воробець М. М., Євлаш В. В., Кобаса І. М., Кондрачук І. В. Формування якості хліба пшеничного з добавкою «Клітковина гречана». Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2023. Т. 23. № 1. С. 207–218. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-207-21>.

Гречана лузга раніше не використовувалась у харчовій промисловості, але згідно з літературними джерелами, після відповідної обробки вона набуває необхідних функціонально-технологічних властивостей та можливості використовувати її в технологіях харчової продукції та дієтичних добавок¹¹.

Відома технологія отримання гідролізованої гречаної лузги, її технологічні властивості дозволяють використовувати її як добавку для борошняних кондитерських виробів. Гідролізована лузга має приємний смак, аромат, шоколадно-коричневий колір. Борошняні кондитерські вироби з гречаною лузгою містять харчові волокна, необхідні для посилення процесу травлення. Технологія кріогенного подрібнення лузги, яку проводять у низькотемпературних помольних агрегатах, дозволяє отримати продукт високої дисперсності, уникнути руйнування біологічно-активних речовин під час переробки сировини, збільшити біодоступність усіх поживних речовин у продукті, підвищити засвоюваність організмом людини та надати нові споживчі властивості – збільшення сорбційної здатності щодо радіонуклідів і важких металів, яка перевищує активоване вугілля. Кріас-добавка з гречаної лузги містить мінеральні речовини, поліфенольні сполуки, органічні кислоти. Має шоколадний колір, значний термін зберігання, його можна додавати до рецептури харчових продуктів без додаткової підготовки.

Харчові волокна гречаної лузги містять комплекс біополімерів (полісахариди, лігнін), тому вони погано перетравлюються в шлунково-кишковому тракті людини, але стимулюють моторну діяльність кишківника, перешкоджають всмоктуванню холестерину, нормалізують мікрофлору кишківника, пригнічують гнильні процеси, позитивно впливають на ліпідний обмін, адсорбують жовчні кислоти. На технологічні властивості харчових волокон впливає структура і їх міжмолекулярні взаємодії, які визначають: здатність утримувати вологу, поведінку під час кулінарної обробки харчових продуктів¹².

У гречаній луззі високий вміст поліфенолів: рутину, кемферолу, кварцетину; фенолкарбонових кислот: протокатехінової, хлорогенової. Як відомо, для профілактики і лікування серцево-судинних захворювань, цукрового діабету, ревматизму, гіпертонії, захворювань печінки і жовчного

¹¹ Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна із заданими властивостями : монографія. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2018. 146 с.

¹² Gómez M., Martínez M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. Vol. 58. No. 13. P. 2119–2135. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>.

мішура застосовують препарати з рутину, крім того, він підсилює захисні функції організму, впливає на імунітет¹³.

Лузга гречки має коричневе забарвлення, яке зумовлене пігментом меланіном. Є навіть способи одержання коричневого барвника з лузги гречки. Меланін є радіопротектором, захищає клітину від канцерогенів, дезактивує вільні радикали, нейтралізує продукти пероксидного окиснення ліпідів, каталізатором біохімічних процесів у тканинах¹⁴. Перспективне застосування лушпиння гречки у харчовій промисловості – отримання коричневого пігменту (натурального барвника), який стійкий до світла, підвищених температур, іонів металів, УФ-випромінювання.

Розрахунок фізіологічної потреби сучасної людини в харчових волокнах становить 30–40 г на добу за енергетичної цінності харчового раціону 2500 ккал. Однак щодня до раціону входить у середньому трохи більше 10 г дієтичної клітковини, що в 3–4 рази менше необхідної норми. Нині світові тенденції зниження калорійності раціону харчування зумовлюють необхідність розширення асортименту хлібопекарських виробів, які б характеризувались збільшеним умістом харчових волокон.

Гречану лузгу раніше не використовували у харчовій промисловості. Однак, беручи до уваги хімічний склад і низьку собівартість, можна розглядати її як цінну харчову добавку. За невеликої вартості гідролізована гречана лузга набуває чудових технологічних властивостей і може використовуватися як харчова добавка, зокрема у хлібобулочних та борошняних кондитерських виробках. Оброблена лузга має приємний смак, аромат, шоколадно-коричневий колір.

Отже, дослідження нетрадиційної рослинної сировини – гречаної лузги, багатой вітамінами, макро- і мікроелементами, харчовими волокнами та створення на її основі нових видів харчових продуктів – актуальне завдання сьогодення.

3. Обґрунтування технології виготовлення борошняних кондитерських виробів з використанням дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Під час розробки продукції виходили з такого: створення продукції, яка б максимально задовольняла потреби споживачів, що насамперед передбачає зміну органолептичних показників шляхом додавання

¹³ Martins Z. E., Pinho O., Ferreira I. M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 67. P. 106–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>.

¹⁴ Mirpoor S. F., Giosafatto C. V. L., Porta R. Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics : a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 109. P. 259–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.014>.

дієтичної добавки «Клітковина гречана». Посуд та інвентар підбирали у відповідності до технологічних процесів та специфіки приготування зразків для дослідження. Під час відпрацювання рецептури використовували сировину та продукти масою нетто. Розробку рецептури та технології проводили на невеликих партіях (10 порцій) у 5-кратній послідовності. Уся сировина, що використовувалась, відповідала вимогам чинної нормативної документації. За контроль вибрано мафіни та печиво вівсяне, які виготовлялись за традиційною рецептурою. Для дослідження якості сировини і готової продукції було використано стандартні фізико-хімічні та органолептичні методи дослідження.

Відбір проб та органолептичну оцінку якості готових борошняних кондитерських виробів з дієтичною добавкою «Клітковина гречана» проводили за ДСТУ 4683:2006 «Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин».

Якість контрольного та дослідного виробу оцінювалася дегустаційною комісією за такими показниками, як: форма, стан поверхні, вид у зламі, колір, смак, запах.

Дегустаційна оцінка проводилася за розробленими таблицями, в яких кожному показнику якості відповідала його характеристика.

Визначення вологості печива проводили згідно з ДСТУ 4910:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначання масових часток вологи та сухих речовин».

Визначення сухих речовин

Метод визначення сухих речовин готових виробів проводять шляхом рефрактометрирування попередньо розчиненої у воді навіски виробів масою 5–10 г.

Розрахунок енергетичної цінності

Енергетичну цінність, ккал, розраховують за формулою (1):

$$E = 4 \times B + 9 \times Ж + 4 \times У \quad (1)$$

де B – загальна кількість білків, г;

Ж – загальна кількість жирів, г;

У – загальна кількість вуглеводів, г;

4 – коефіцієнт енергетичної цінності білка;

9 – коефіцієнт енергетичної цінності жирів;

4 – коефіцієнт енергетичної цінності вуглеводів.

Лужність печива визначали титриметричним методом.

Намокання печива оцінювали за відношенням маси наважки після занурення у воду до маси наважки перед зануренням згідно з ДСТУ 5023:2008.

4. Результати дослідження та їх обговорення

4.1. Загальна характеристика дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Дієтична добавка «Клітковина гречана» – сухий, однорідний, дрібнодисперсний порошок, який отримують із гречаної лузги, з підвищеним вмістом клітковини та мінеральних речовин для збагачення раціону харчування корисними харчовими волокнами (рис. 1).

Це добавка, яка призначена для використання у виробництві хлібобулочних, борошняних кондитерських, м'ясних виробів, продукції харчоконцентратної промисловості, як часткова заміна пшеничного борошна та за технологічною необхідністю.

Органолептичні та фізико-хімічні показники дієтичної добавки «Клітковина гречана» наведено у таблиці 1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Таблиця 1

Органолептичні та фізико-хімічні показники

Найменування показників	Характеристика
1	2
Зовнішній вигляд	Дрібна суха маса середньої дисперсності без сторонніх домішок і твердих грудочок. Допускається до 10% наявності грудочок, що легко розсипаються у разі легкого натискання

1	2
Консистенція	Розсипчаста, однорідна
Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого Допустима наявність відтінків від світло-коричневого до темно-коричневого залежно від сорту лузги
Запах	Приємний, характерний для цього виду сировини, без плісеневого, затхлого, згірлого та інших сторонніх запахів
Смак	Приємний, характерний для цього виду сировини, прісний, нейтральний
Фізико-хімічні показники	
Масова частка води %, не більше	6,5± 0,3
Мінеральні речовини, загальна кількість %	5,33 ± 0,1
Вміст клітковини, %	67± 3,0
Флавоноїди, %	0,4
Дубильні речовини, %	1,7
Середній розмір частинок, мкм	46,8303

Показники безпеки, а саме: вміст важких металів і мікробіологічні показники дієтичної добавки «Клітковина гречана» відповідають вимогам ДСТУ 4660 та державним гігієнічним правилам і нормам, затвердженим наказом МОЗ України № 368 від 13.05.2013 р.

4.2. Розробка рецептури і удосконалення технології мафінів та печива вівсяно-гречаного «Вівсяночка» з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Як видно з даних, наведених у табл. 1, за фізико-хімічним складом і органолептичними показниками дієтична добавка «Клітковина гречана» може бути введена до рецептури борошняних кондитерських виробів – мафінів та печива вівсяного.

Тому нами було розроблено рецептуру печива вівсяно-гречаного з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана» – печиво «Вівсяночка», за контроль була прийнята стандартна рецептура вівсяного печива. Рецептура печива вівсяно-гречаного «Вівсяночка» наведена у таблиці 2.

У досліді проводили заміну пшеничного борошна на дієтичну добавку «Клітковина гречана» у кількості 20 та 30% від маси пшеничного борошна.

Таблиця 2

Рецептура печива вівсяно-гречаного «Вівсяночка» (дослід)

Інгредієнти	Масова частка сухих речовин, %	Витрата сировини, кг	
		20% від маси борошна	30% від маси борошна
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	140	120,0
Борошно вівсяне	85,5	75,0	75,0
Цукор-пісок	99,85	100,0	100,0
Дієтична добавка «Клітковина гречана»	91,0	50,0	70,0
Маргарин	84,0	80,0	80,0
Патока/мед	70,0	20,0	20,0
Пудра ванільна	99,85	10,0	10,0
Сіль	96,50	2,0	2,0
Натрій вуглекислий	50,0	1,2	1,2
Родзинки	0,0	30	30,0
Кориця		0,8	0.8
Загалом	—	600,0	620,0
Вологість 8,00 ± 2,0%			

Таблиця 3

Рецептура мафінів з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана»

№	Назва сировини	Витрати сировини, кг			
		Мафін контроль		Мафін дослід	
		У натурі	У сухій речовині	У натурі	У сухій речовині
1	Борошно пшеничне	380,0	324,0	266,0	215,0
2	Кефір	220,0	24,2	220,0	24,2
3	Цукор	250,0	249,62	250,0	249,62
4	Яйця	66,0	17,82	66,0	17,82
5	Маргарин	165,0	138,6	165,0	138,6
6	Ванільний цукор	8,5	8,48	8,5	8,48
7	Натрій двоуглекислий	2,50	2,5	2,50	2,50
8	Дієтична добавка	—	—	114,0	109,0
	Разом	1092,0	—	1092,0	—
	Вихід	1000,0		1000	

Для виготовлення мафінів з дієтичною добавкою було взято базову рецептуру. Ґрунтуючись на попередніх дослідженнях, було введено до рецептурного складу мафінів дієтичну добавку у кількості 30% до загальної кількості борошна пшеничного (табл. 3).

4.3. Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників мафінів та печива вівсяно-гречаного «Вівсяночка» з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Якість готових виробів встановлювали за органолептичними показниками: зовнішній вигляд, смак, колір, запах і колір на зламі.

У таблиці 4 представлені результати органолептичної оцінки якості печива вівсяного (контроль) і печива вівсяно-гречаного з 20% та 30% кількістю дієтичної добавки «Клітковина гречана» від загальної кількості борошна з урахуванням вагомості основних показників.

Таблиця 4

Результати органолептичної оцінки печива вівсяного з різною масовою часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Найменування показника	Характеристика печива (контроль)	Характеристика печива з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана»	
		з 20% дієтичної добавки	з 30% дієтичної добавки
Зовнішній вигляд	Форма правильна, з тріщинами	Форма правильна, з незначними тріщинами	Форма правильна, з незначними підривами
Колір	Скоринки – золотавий, м'якушки – золотаво-жовтий	Скоринки – світло-коричневий, м'якушки – світло-коричневий	Скоринки – темно-коричневий, м'якушки – темно-коричневий
Консистенція	М'яка всередині, з легкою крихкістю та хрусткою скоринкою зовні, із вираженою зернистою текстурою	Дрібнопориста	Дрібнопориста, грубіша, дещо затягнута, з вкрапленнями добавки. Крихка
Вигляд у розломі	Зерниста, помірно пориста структура з видимими вівсяними пластівцями	Тонкостінна шаруватість з нерівномірними порами	Тонкостінна шаруватість з нерівномірними порами
Смак	Трішки солодкий, властивий печиву, без стороннього присмаку	Менш солодкий за класичне печиво, з легким присмаком маку та горіха	Менш солодкий, з легким присмаком жареної гречки
Запах	Приємний	Властивий класичному печиву, з легким відтінком горіха	Властивий класичному печиву, з відтінком гречки

Результати органолептичної оцінки показали, що збільшення кількості дієтичної добавки «Клітковина гречана» «затягує» поверхню вівсяного печива, разом з цим зникли характерні тріщини, поверхня ставала більш гладкою, що погіршує зовнішній вигляд, нівелюючи характерну ознаку вівсяного печива – тріщини на поверхні. Колір печива ставав інтенсивнішим, темнішим, змінюючись від рівномірного, світло-солом'яного до темно-коричневого. Смак печива з 20% дієтичної добавки залишався властивим інгредієнтам, що входять у рецептуру печива вівсяно-гречаного, а з додаванням 30% дієтичної добавки більш виражений смак жареної гречки. У зламі всі зразки печива мали пропечену рівномірну пористу структуру без пустот і відсутністю слідів непромісу.

Як видно з таблиці 4, зразки, в які було додано 20,0% дієтичної добавки від маси борошна, майже не змінилися порівняно з контролем. У випадку додавання 30,0% дієтичної добавки відчувається запах смаженої гречки, текстура виробів стає більш крихкою, а структура грубішою; готовий продукт набуває більшої твердості. У разі введення дієтичної добавки в кількості 20,0% вироби мають приємний горіховий смак і легкий запах смаженої гречки. Крім того, покращуються такі характеристики, як зовнішній вигляд (правильна форма з випуклою поверхнею), поверхня (з невеликими тріщинами), консистенція (дрібнопориста) і вигляд у розломі (тонкостинна шаруватість з нерівномірними порами) (рис. 2). Таким чином, найкращі органолептичні показники спостерігаються у виробках, в які введено 20,0% дієтичної добавки від маси борошна.

Також були проведені дослідження вівсяного печива з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана» щодо визначення масової частки



Рис. 2. Зовнішній вигляд печива вівсяного (контроль) і вівсяно-гречаного з часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана» 20% від загальної кількості борошна

вологи та сухих речовин, діаметра тістових заготовок та виробів після випікання, кислотності і лужності та оцінки їх намоочуваності.

Визначення масової частки вологи та сухих речовин. Згідно з ДСТУ масова частка вологи в печиві вівсяному не повинна перевищувати 10,5%. Чим менша вологість тіста, тим швидше і ефективніше відбувається процес випічки з меншими енергетичними витратами.

Визначення кислотності і лужності. Лужність є важливим показником якості, особливо у виробництві печива. Лужна реакція печива зумовлена залишками хімічних розпушувачів, які не повністю розклалися під час випікання, а також продуктами їх розкладання. Незалежно від виду печива лужність не повинна перевищувати 2°Т.

Визначення намокання. Намокання (або набухаємість) визначається як співвідношення маси печива після намокання протягом певного часу до його початкової маси у сухому стані, виражене у відсотках. Цей показник характеризує якість та пористість виробів.

Результати фізико-хімічних показників печива вівсяно-гречаного з різною масовою часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана» порівняно з контролем (печиво вівсяне) наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники печива вівсяно-гречаного з різною масовою часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана» порівняно з контролем (печиво вівсяне)

Показники	Зразки печива		
	Контроль	Масова частка дієтичної добавки «Клітковина гречана»,% від маси борошна	
		20	30
Діаметр тістових напівфабрикатів, мм	45×45	45×45	45×45
Вміст вологи, %	7,0±0,08	6,7±0,08	6,4±0,08
Лужність, °Т	0,80±0,01	1,1±0,01	1,6±0,01
Масова частка золи, %	0,52±0,01	2,97±0,03	4,68±0,07
Намокання, %	168,0±2,2	162,0±2,3	150,0±2,2
Готові вироби-діаметр, мм	54×54	54×54	54×54

Як видно з таблиці 5, рівень намокання становить 156% і 150% у зразках печива з додаванням 20% та 30% дієтичної добавки відповідно. Для контрольного зразка цей показник становить 166%. Зменшення намокання у дослідних зразках пояснюється тим, що додавання дієтичної добавки підвищує в'язкість тіста, що сприяє формуванню дрібнопористої

структури виробів. Крім того, додавання дієтичної добавки «Клітковина гречана» у масовій частці 20,0%, 30,0% від загальної маси борошна вищого гатунку збільшує лужність на $(0,3 \pm 0,01$ та $0,8 \pm 0,01)^{0T}$ відповідно, зменшує вологість на (0,3 та 0,6)%, намокання на (6,0 та 18)%, підвищує масову частку золи на (2,45 та 4,16)% у зразках печива вівсяно-гречаного порівняно з контрольним зразком.

Також нами було проведено дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості мафінів з використанням дієтичної добавки «Клітковина гречана» в 30 та 50% масовій частці від кількості борошна. Дані наведено в табл. 6, 7.

Таблиця 6

Результати органолептичної оцінки мафінів з різною масовою часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана»

Найменування показника	Характеристика мафінів (контроль)	Характеристика мафінів з додаванням дієтичної добавки «Клітковина гречана»	
		з 30% дієтичної добавки	з 50% дієтичної добавки
Зовнішній вигляд	Форма правильна, з тріщинами	Форма правильна, з незначними тріщинами	Форма правильна, з незначними підривами
Колір	Скоринки – золотавий, м'якушки – золотаво-жовтий	Скоринки – світло-коричневий, м'якушки – світло-коричневий	Скоринки – темно-коричневий, м'якушки – темно-коричневий
Стан м'якушки	М'яка, добре розпушена	М'яка, розпушена, з вкрапленнями добавки	Дещо затягнута, з вкрапленнями добавки
Смак	Трішки солодкий, властивий мафіну, без стороннього присмаку	Менш солодкий за класичний мафін, з легким присмаком маку та горіха	Менш солодкий, з легким присмаком жареної гречки
Запах	Присмний	Властивий класичному мафіну, з легким відтінком горіха	Властивий класичному мафіну, з відтінком гречки

Отримані дані показують, що зразки, в які було додано 30,0% дієтичної добавки від маси борошна, майже не відрізняються від контрольних, навіть мають кращі органолептичні показники, такі як смак, колір, запах. У разі додавання 50,0% дієтичної добавки з'являється запах смаженої гречки, текстура виробів стає більш крихкою, а структура грубішою. У разі додавання 30,0% дієтичної добавки вироби набувають приємного горіхового смаку з незначним ароматом маку. Зовнішній вигляд мафінів передбачає наявність тріщин на їхній поверхні, які є характерною ознакою, а не недоліком. Під час додавання дієтичної добавки у кількості 30,0% із заміною частини борошна вироби зберігають правильну форму і мають характерні тріщини на поверхні, не поступаючись контрольному зразку (рис. 3). Однак у разі збільшення кількості добавки до 50,0% спостерігається погіршення зовнішнього вигляду, оскільки на поверхні мафінів виникають підриви. М'якушка мафінів із дієтичною добавкою у кількості 30,0% із заміною борошна не відрізняється від контрольного зразка, з 50% – м'яка, розпушена, з вкрапленнями добавки, дещо затягнутої м'якушки.

Тому оптимальною масовою часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана» є 30% від маси борошна.

Якість готових виробів встановлювали за органолептичними показниками. Були визначені такі показники якості, як зовнішній вигляд, структура, колір, смак та запах. Результати наведені в таблиці 5.

За результатами органолептичного аналізу встановлено, що додавання дієтичної добавки «Клітковина гречана» до рецептури мафінів (контроль)



а)



б)

Рис. 3. Зовнішній вигляд мафінів (контроль) (а) і мафіна (б) з часткою дієтичної добавки «Клітковина гречана» 30% від загальної кількості борошна

несуттєво змінює органолептичні характеристики: смак, запах, колір. Нами були досліджені фізико-хімічні показники якості мафінів із дієтичною добавкою «Клітковина гречана». Дані наведені в табл. 7.

Таблиця 7

**Фізико-хімічні показники якості мафінів із дієтичною добавкою
«Клітковина гречана»**

Зразок мафінів	Вологість, %	Питомий об'єм, см ³ /г	Лужність, град
Контроль	27,0±0,6	2,5±0,04	1,8±0,04
З додаванням дієтичної добавки 30%	28,4±0,6	2,45±0,05	1,65±0,04
З додаванням дієтичної добавки 50%	29,0±0,6	2,45±0,04	1,5±0,04

Як видно з таблиці 6, вологість виробів із додаванням дієтичної добавки збільшується на 5%, лужність зменшується, це можна пояснити збільшенням сировини з більш високою кислотністю ніж у борошні.

ВИСНОВКИ

Визначено, що дієтична добавка «Клітковина гречана» може застосовуватись у виробництві борошняних кондитерських виробів як часткова заміна пшеничного борошна, позаяк є дрібнодисперсним порошком (з основною фракцією 50 мкм), має більш високий вміст мінеральних речовин, клітковини та за своєю консистенцією.

Встановлено, що додавання дієтичної добавки «Клітковина гречана» у кількості 20% у печиві та 30% у мафінах позитивно впливає на органолептичні показники якості виробів, а саме: вони набувають приємного горіхового смаку, колір м'якушки та скоринки виробів стають шоколадного кольору. Крім того, введення дієтичної добавки в зазначених кількостях сприяє формуванню дрібнопористої структури виробів. А фізико-хімічні показники виробів незначно відрізняються від контролю.

АНОТАЦІЯ

Актуальним напрямом у виробництві борошняних кондитерських виробів є використання нових видів сировини для підвищення їхньої якості та харчової цінності. Застосування місцевої рослинної сировини, зокрема у виробництві печива, сприяє зменшенню харчових відходів і забезпечує стабільність агро-фуд екосистеми. Перспективним компонентом є лузга гречки, яка містить значну кількість біологічно активних речовин. Вона характеризується високим вмістом харчових

волокон, мінеральних речовин, білків та інших корисних сполук. Особливістю гречаної лузги є наявність поліфенолів, зокрема рутину, кемпферолу та кверцетину, які мають антиоксидантні властивості. Харчові волокна лузги сприяють нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту та позитивно впливають на обмін речовин. Крім того, вони знижують рівень холестерину та покращують мікрофлору кишечника. Використання гречаної лузги після відповідної обробки дозволяє набути їй необхідних функціонально-технологічних властивостей для застосування у харчових продуктах. У роботі обґрунтовано доцільність використання продуктів переробки нетрадиційної рослинної сировини у технологіях борошняних кондитерських виробів. Проведені дослідження дозволили оптимізувати рецептуру та вдосконалити технологію виготовлення вівсяно-гречаного печива з використанням дієтичної добавки «Клітковина гречана».

Література

1. Epstein D. E., Sherwood A., Smith P. J., Craighead L., Caccia C., Lin P. H. et al. Determinants and consequences of adherence to the dietary approaches to stop hypertension diet in African-American and white adults with high blood pressure: results from the ENCORE trial. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2012. Vol. 112. No. 11. P. 1763–1773. DOI: 10.1016/j.jand.2012.07.007.
2. Михайленко В. Л. Профілактика ожиріння – запорука здоров'я нації. *Сімейна медицина*. 2022. № 1–2 (99–100). С. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.30841/2307-5112.1-2.2022.260505>.
3. Tsykhanovska I., Yevlash V., Gazzavi-Rogozina I., Lazarieva T., Tovma L. Pokrashchennia spozhyvnykh vlastyvostei keksiv, zbahachenykh kharchovoiu dobavkoiu kombinovanoho skladu. *Food Science and Technology*. 2025. Vol. 19. No. 2. P. 18–31. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v19i2.3185>.
4. Tsykhanovska I., Tovma L., Lazarieva T., Blahyi O., Alexandrov A., Rikunov M., Kaplun S., Rikunov O., Smahin O. Improving the quality of rye-wheat bread enriched with flour from extruded kernels of sunflower seeds for food supplies to military personnel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 1. No. 11 (121). P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273933>.
5. Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Гладкоскок А. А. Оптимізація рецептурного складу кексів, збагачених борошном з екструдованого ядра насіння соняшнику (БЕЯНС).

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / редкол.: В. М. Михайлов (відпов. ред.) та ін. Харків : ДБТУ, 2025. Вип. 1 (37). С. 149–164. URL: <http://pttfpecbt.btu.kharkiv.ua/pttfpecbt/article/view/195>

6. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*. 2010. Vol. 8. No. 3. Art. 1462. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1462>.

7. Qi X., Li Y., Fang C., Jia Y., Chen M., Chen X., Jia J. The associations between dietary fibers intake and systemic immune and inflammatory biomarkers: a multi-cycle study of NHANES 2015–2020. *Nutrients*. 2023. Vol. 15. No. 17. Art. 3390. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15173390>.

8. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 2013. Vol. 5. No. 4. P. 1417–1435. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5041417>.

9. Stabnikova O., Stabnikov V., Paredes-López O. Wild edible plants, berries, mushrooms and seaweeds in food production. In: Gubsky S., Stabnikova O., Stabnikov V., Paredes-López O. Wild edible plants: Improving foods nutritional value and human health through biotechnology. Boca Raton : CRC Press, 2025. P. 1–47. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003486794-1>.

10. Воробець М. М., Євлаш В. В., Кобаса І. М., Кондрачук І. В. Формування якості хліба пшеничного з добавкою «Клітковина гречана». *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2023. Т. 23, № 1. С. 207–218. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-207-21>.

11. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна із заданими властивостями : монографія. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2018. 146 с.

12. Gómez M., Martínez M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. Vol. 58. No. 13. P. 2119–2135. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>.

13. Martins Z. E., Pinho O., Ferreira I. M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 67. P. 106–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>.

14. Mirpoor S. F., Giosafatto C. V. L., Porta R. Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics : a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 109. P. 259–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.014>.

Information about the authors:

Yevlash Viktoria Vladlenivna,

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Chemistry,
Biochemistry, Microbiology and Nutrition Hygiene
State Biotechnological University
44, Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

Kobasa Igor Mykhailovych,

Doctor of Chemical Sciences,
Professor at the Department of Chemistry and Expertise of Food Products
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2, Kotsiubynskoho Street, Chernivtsi, Ukraine

Hazzavi-Rohozina Liudmyla Viktorivna,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Chemistry,
Biochemistry, Microbiology and Nutrition Hygiene
State Biotechnological University
44, Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

HEALTHY BAKERY PRODUCTS FOR THE COMPLETE NUTRITION OF THE POPULATION

Kichura D. B., Sobechko I. B.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-9>

INTRODUCTION

Before the outbreak of World War I (1914), Ukraine did not have a baking industry; as a branch of the food industry, it was represented by numerous small enterprises. In 1913, the production of bread by bakeries did not exceed 2.3 kg per capita per year. After the revolution of 1917, the construction of bread factories and mechanized bakeries developed, and factories for the production of baking equipment were established. In 1925, the machine-building plants of the Melbud joint-stock company began producing equipment for sifting flour, dough-mixing and dough-processing machines, and mechanized ovens with retractable hearths. In 1925-26, the first mechanized bread factories in Ukraine were put into operation in the cities of Kharkiv and Donetsk. The number of bakeries grew from year to year, from 1928, when there were 14 bakeries and 24 mechanized bakeries, to 1940, the number of bakeries in Ukraine increased to 93, and mechanical bakeries to 192. At the end of the war, only 12% of the pre-war capacity of the bread-making base remained in Ukraine. In the post-war years (1945–1950), work was completed on the reconstruction of bakery enterprises, but also new bakeries with more progressive equipment and technology were built. In the 60s–80s, work continued on the construction of new powerful bakeries (there were about 80 of them) and the reconstruction of existing ones. The level of mechanization was increased at the enterprises, bulk flour storage warehouses were built, new designs of conveyor bakery ovens, tunnel ovens, continuous dough preparation units, dough-distributing and dough-forming equipment were built, and complex mechanized flow lines were created. The range of products was also enriched with new types of products. Such types of bread as Ukrainian, Ukrainian new, Darnytsky, table, Ukrainian palanytsia, Kyiv arnaut, student loaves, poppy seed bagels and other products were developed and introduced. The molded type was replaced by hearth types of bread. The creation of mechanized bread baking required highly qualified engineering personnel and technically competent bakery workers. In order

to train such personnel, factory-based training schools in bread baking were established in the cities of Kyiv, Kharkiv, Donetsk, Luhansk, Dnipropetrovsk, Odessa, and later in Lviv.

1. Bakery production, product classification and basic principles of technological processes

Today, the population of Ukraine is provided with bread by highly mechanized enterprises of Ukrkhliprom, Ukoopspilka, Ukrprodspilka. In Ukraine, bakery products are made from rye and wheat flour – sown, peeled, broken varieties and wheat – top, first, second and broken varieties or their mixture. As additives in the production of certain types of bread, corn, oat, barley flour, as well as legume flour – soybean, pea, lupine. *Classification of Bakery Products*, Bakery products can be broadly classified into two main streams: by composition & technology and by functional purpose.

A. Classification by Composition and Technological Features: **Yeast-Leavened Bread:** Standard wheat, rye, and mixed-flour breads that rely on yeast fermentation for crumb structure and volume; **Unleavened and Flatbreads:** Products made without biological leavening agents (e.g., tortillas, pita, lavash, crackers); **Specialty & Artisan Bread:** Sourdough breads, long-fermentation loaves, and products utilizing ancient grains (spelt, einkorn); **Frozen Dough & Semi-Finished Products:** Raw dough trimmings, par-baked loaves, and blast-frozen pastries designed for bake-off stations.

B. Classification by Functional and Health-Promoting Purpose: **Dietary & Metabolic Support:** Formulations designed for clinical nutrition, such as Low-Glycemic Index (Low-GI) bread for diabetes management and carbohydrate control; **Digestive & Gut Health:** Products with enhanced prebiotic and probiotic profiles, heavily fortified with dietary fiber (bran, inulin) to optimize intestinal motility; **Fortified & Enriched Bread:** Standard baked goods enriched with micronutrients like Vitamin B-complex, Vitamin D, Iodine, and Iron to combat regional nutritional deficiencies; **Target Population Nutrition:** Customized bakery goods tailored for specific demographics, including *children's bread* (high protein/calcium), *geriatric nutrition* (easy to digest, nutrient-dense), and *sports nutrition* (high-protein energy loaves).

Classification of Bakery By-Products (Co-Products), during the industrial bread-making process, various secondary streams are generated. These are classified based on the stage of production at which they occur: **Dough-Stage By-Products:** Raw dough trimmings, scrap dough from shaping machines, and defective batches that fail pre-baking quality checks; **Post-Baking By-Products:** Bread crusts, edges from sliced sandwich loaves, structural deformities, and underweight or over-baked loaves; **Distribution & Retail**

Returns: Stale bread, unsold inventory from retail networks, and over-production surpluses.

Industrial Applications and Recovery Routes instead of entering the waste stream, modern sustainable bakery management redirects these by-products back into the economy via three primary routes: **Direct Food Upcycling (Human Consumption):** *Re-fermentation:* Fresh dough trimmings are re-incorporated into new dough batches as a natural fermentation starter; *Crumb & Toast Production:* Defective or surplus bread is dried, milled, and processed into breadcrumbs or toasted croutons; *Culinary Ingredients:* Industrial staling components are converted into functional ingredients for the wider food sector (e.g., thickeners for puddings, sauces, and fillers for meat processing). **Animal Feed Formulation:** *Direct Feed Enrichment:* Surplus and stale bread is dehydrated and blended into high-energy feed mixtures for livestock and poultry, replacing a portion of raw grain. **Industrial and Chemical Valorization:** *Biotechnology Substrates:* Bread waste is an excellent carbon source. It is used as a fermentation substrate to cultivate microorganisms that produce enzymes, amino acids, and vitamins; *Bioenergy Recovery:* Severely degraded or contaminated waste is directed to anaerobic digesters for biogas production, closing the green energy loop within the facility^{1, 2, 3}.

The bakery industry is characterized by large-scale production and produces socially significant products and plays a leading role in the food industry of Ukraine. The share of bread products in the diet of the Ukrainian consumer is 15%, which confirms their status as a basic food product. Bread and bakery products traditionally occupy a special place in the structure of domestic consumption, since these products in Ukraine account for up to 40% of the total calorie content of the population's diet. In fact, the production of bread and bakery products can be attributed to the strategic sectors of the economy of our state, since the efficiency of the activities of bakery enterprises largely depends not only on food, but also on the national security of the country.

The dough preparation process involves the formation of dough (kneading) and leavening – this is the formation of a porous dough structure. It is achieved by adding leavening ingredients to the dough. Leavening agents are substances that can give the dough a porous structure. Depending on the nature of the leavening agents, the following methods of leavening dough are distinguished:

¹ Бондаренко Ю. Хліб у часи війни. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. 6 (115). С. 12–15.

² Нікішина О. В. Пріоритети національної зернової політики та механізми їх реалізації в умовах глобалізації економіки. *Економіка харчової промисловості*. 2012. (16). С. 14–22.

³ Костецька Н. І. Ринок хліба і хлібобулочних виробів України: стан і перспективи розвитку. *Галицький економічний вісник*. 2015. 48 (1). С. 26–31.



Fig. 1. Bakery products



Fig. 2. Classification and use of by-products of bread production

chemical, mechanical, biological. The chemical method involves the introduction of chemicals into the dough, which decompose at high temperatures to form volatile compounds that, when released, loosen the dough. The mechanical method involves loosening the dough with air or carbon dioxide, which are fed into the dough mixer during kneading under pressure or during dilution. The

biological method involves loosening the dough with carbon dioxide, as well as other volatile substances released as a result of the vital activity of yeast and lactic acid bacteria, which are introduced into the dough during mixing. The chemical method of dough leavening is used in the production of cookies, gingerbread and some other flour confectionery products. For this purpose, sodium bicarbonate NaHCO_3 , ammonium carbonate $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ or their mixture in a ratio of 88:12 is used.

During baking, sodium bicarbonate decomposes with the release of CO_2 , which loosens the dough blanks $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Sodium carbonate has an alkaline reaction, and alkalinity is regulated by regulatory documentation. Ammonium carbonate decomposes during baking with the formation of ammonia and carbon dioxide, which loosen the dough blanks $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Ammonium carbonate, in the case of a significant dosage, gives the products the smell of ammonia.

The biological method is the only way to loosen bread dough. In this method, pressed, dried or liquid yeast, as well as wheat yeast starters, are used to leaven wheat dough. Rye starters are used to leaven rye dough. Yeast cells ferment dough sugars under anaerobic conditions with the release of carbon dioxide and alcohol, which act as leavening agents. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 117.3 \text{ kJ}$. In rye dough, the main fermentation process is lactic acid, which is excited by homo- and heterofermentative bacteria. In the process of lactic acid fermentation, lactic acid, volatile acids, and a certain amount of carbon dioxide accumulate. Along with this, CO_2 is released as a result of alcoholic fermentation. The biological method is quite long – from 1 to 5 hours. During this time, the dough not only loosens, but also flavor and aromatic substances accumulate in it, which are by-products of fermentation.

Wheat dough is prepared by single-phase or multi-phase methods. In single-phase methods, the dough is prepared in one stage from the entire amount of flour and other raw materials specified in the recipe. In multi-phase, mainly two-phase, methods, the first phase is prepared from part of the flour and yeast, after ripening, the remaining flour and other raw materials according to the recipe are added to it and the second phase is kneaded – dough. The most common are all types of leavening methods, which are used in the manufacture of a wide range of bread, bakery, sweet, bagel, and rusk products⁴. The traditional single-phase method is the leavening-free method of dough preparation. It is used mainly in the production of bakery and sweet products, sometimes in the manufacture of bread. Accelerated methods of dough preparation are widespread in

⁴ Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях : підручник. Київ : НУХТ, 2016. 455 с.

small-capacity enterprises and bakeries. The method and equipment scheme of dough preparation are chosen depending on the range of products, production volume, available equipment, etc. For the leavening of wheat dough, baker's yeast, liquid yeast, and yeast starters are used. Unlike baker's yeast, liquid yeast and yeast starters are prepared directly in the bakery^{5, 6}. Accelerated methods of dough preparation are widely used in small-scale enterprises and bakeries. The method and equipment scheme for dough preparation are selected depending on the range of products, production volume, available equipment, etc. For the leavening of wheat dough, baker's yeast, liquid yeast, and yeast starters are used. Unlike baker's yeast, liquid yeast and yeast starters are prepared directly in the bakery.

2. Obtaining bakery products with increased nutritional value

Bread is traditionally a staple food, and the creation of products with a given chemical composition allows for a significant and minimal impact on the health of the population. Scientists and workers in the baking industry are constantly improving and enhancing its quality. The protein, mineral and vitamin value of bread allows us to consider it one of the most valuable food products. However, bread has a constant deficiency of essential amino acids (lysine, threonine), macro- and microelements (calcium, iodine, iron, etc.), vitamins (B₁ and B₆). Therefore, the current tasks for bakers are not only to improve the quality of bread and preserve its freshness, but also to increase its nutritional value, in particular, enrichment with additional nutrients⁷. To solve this issue, additives from non-traditional plant raw materials have recently been increasingly used as a source of biologically active substances that have a positive effect on the human body. It is known that all biologically active substances (BAS) are necessary for the normal functioning of the body, come mainly with food and are absorbed as a result of their biotransformation, digestion and absorption. Transforming into structural and functional elements of the body's cells in the processes of metabolism, BAS ensure its physical and mental endurance, determine the state of health and working capacity. A lack of BAS in the diet inevitably leads to negative consequences – these are safe substances with precise physicochemical characteristics, for which a positive effect on improving and maintaining human health has been identified and scientifically

⁵ Дробот В. Поговоримо про оздоровчі харчові добавки в хлібі та нетрадиційну сировину. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2005. 12. С. 22–24.

⁶ Дробот В. І., Грищенко А. М. Розробка нових видів безбілкових хлібобулочних виробів. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2011. Т. 1. 38 (1). С. 164–167.

⁷ Лебеденко Т. Є. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. 2 (46). С. 38–43.

substantiated, and the daily intake rate in food products has been established and approved. They not only provide the human body with energy and plastic material, but also optimize physiological functions, thousands of biochemical reactions, contribute to maintaining and improving health, reduce the risk of diseases and accelerate the recovery process, provide protection of the body from adverse environmental factors. The range of bakery products produced in Ukraine is quite wide, but there are not enough products for dietary, therapeutic and preventive, special purposes for different groups of the population and their share in the total production does not exceed 3%. Along with food additives, non-traditional raw materials are able to give health-improving properties to bread: soy products, products from sprouted legumes (peas, beans), sunflower seeds, flax, fruit and vegetable powders, algae, malt extracts and other raw materials containing biologically active substances⁸.

The works are devoted to the study of the use of non-traditional raw materials, characterize it as a promising source of vegetable proteins, active lipids, dietary fibers and balanced minerals, which indicates the feasibility of research aimed at studying the possibility of their use in baking. Despite the fact that more and more residents of the country strive for a healthy lifestyle and are struggling with excess weight, the popularity of innovative products is growing – bread of dietary and therapeutic and prophylactic direction, containing grain mixtures, bran, fructose, honey, nuts, vegetable and fruit additives. The share of such products is 5–7% of the total sales volume, therefore the development of new bakery products enriched with BAS, which would maximally meet the criteria of quality and safety, is quite relevant. It is necessary to introduce new products with useful, attractive organoleptic properties to the market. Today^{9, 10, 11} the population shows increased interest in the chemical composition, nutritional value and the presence of functional ingredients in food products and is increasingly faced with the problem of unbalanced nutrition due to the consumption of refined, refined products. For healthy nutrition, a person needs dietary fiber, vitamins, trace elements, minerals, unsaturated fatty acids, etc. Since at least 30% of the daily requirement for nutrients is covered by bread in the diet, the functional purpose of this product should occupy a worthy place

⁸ Холод Т., Капрелянц Л. Перспективи використання нетрадиційної рослинної сировини у технології білковмісних харчових продуктів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. 73. С. 446.

⁹ Овсієнко С. М., Соломон А. М. Амарант: практичні аспекти використання : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 151 с

¹⁰ Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник НТУ «ХП»*. 2019. 5 (1330). С. 145–151.

¹¹ Дорохович В. В., Долюк М. Ю., Лукаш К. Р. Визначення можливості та доцільності застосування мальтитола і борошна амаранту в технології цукрового печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. 27 (2). С. 111–121.

in the nutrition of the population. Improving the health of the nation through bread should be recognized in the country as one of the priority and most significant tasks¹². The introduction of physiologically functional ingredients into bakery products allows not only to expand the range, but also to develop varieties aimed at supporting and improving the health of various population groups. Given the chemical composition and functional properties of certain ingredients, and especially their natural origin, it can be assumed that this will reduce the deficiency of certain components in the diet.

Bakery products are characterized by a large assortment in appearance, taste quality indicators, recipe, cooking technology and are for consumers an essential carrier of food, biologically active substances, improves the digestibility of food, and the aroma of fresh pastries is an effective means of increasing appetite and the emergence of a feeling of hunger. But thanks to their recipe diversity, these products can also be a source of a wide range of protective components that are so necessary for modern man. In recent years, for bread-baking enterprises, one of the ways to attract consumer interest in their products, along with adding special excellent taste and aromatic qualities, is becoming increasingly promising to increase the nutritional value of bakery products, the content of biologically active substances through the use of safe natural raw materials. For many decades, processed fruits and vegetables have been considered a promising source of biologically active substances: vitamins, minerals, phenolic compounds with antioxidant, antibacterial, fungicidal properties, and in recent years, special attention has been paid to spicy-aromatic and medicinal plants. The latter are characterized by a multi-vector nature of positive qualities, which makes them promising for the creation of functional food products, including bakery products¹³. In recent years, a new source of raw materials for the food industry has appeared on the world market – amaranth and its processed products, which have a valuable chemical composition, high nutritional and biological value, are safe and contain a wide range of functional food ingredients, which determine the prospects for their use in food production technology¹⁴. Amaranth grain and its processed products – flour, bran, oil – are a source of many physiologically active compounds. It has been established that

¹² Матияшук О. В., Фурманова Ю. П., П'яних С. К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. 2 (6). С. 52–58.

¹³ Буяльська Н. П., Литвиненко О. О., Денисова Н. М. Використання продуктів переробки амаранта у виробництві хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2020. 3(17). С. 226–223.

¹⁴ Дорохович А. М., Бадрук В. В. Надання машмелов статусу функціональний і дієтичний продукт за рахунок раціонального використання мальтітолу та фруктози. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. 42 (1). С. 220–225.

the fatty acid composition of amaranth oil differs in the content of such fatty acids as linoleic (41%) and arachidonic (16%), which are substances with high biological activity. Amaranth flour is a source of available vegetable protein (15%), has a valuable chemical composition: protein 3.8 times more than in wheat flour; lipids – 9.4 times; fiber – 17 times; minerals: sodium – 24 times, potassium – 4.2 times, calcium – 19 times, magnesium – 6 times, phosphorus – 5 times, iron – 36 times; vitamins: thiamine – 33 times, riboflavin – 74 times, niacin – 1.2 times. The energy value of amaranth flour is slightly higher than that of wheat flour due to the higher content of proteins and lipids. The amount of essential amino acids in the protein of amaranth flour is 17.6 g/100 g of protein, the total amount of amino acids is 37.7 g/100 g of protein. Therefore, amaranth flour has a more balanced amino acid composition compared to wheat flour, so it is advisable to use it in confectionery production together with wheat flour¹⁵.

A technology for grinding and dividing amaranth grain into parts has been developed to obtain native products with high nutritional value. The cleaned amaranth grain is flattened, such flattened native amaranth grain (yield 95–98%) is divided into native amaranth flakes (53–56%) and native germ grits (28–35%). Next, native amaranth flour (82–88%) is formed from the flakes, and oil (6.5–7.5%) is extracted from the grits and a by-product is formed – semi-defatted germ grits (28–35%), which contains, respectively, semi-defatted protein bran (18–25%) and semi-defatted protein flour (75–82%). After a series of studies, it was found that amaranth protein flour is an effective protein enricher and technological improver in the production of bakery products from wheat flour. Native varietal flour significantly improves the quality of bakery products from a mixture of rye and wheat flour. Whole grain amaranth flour is produced from amaranth seeds, which has high nutritional value; varietal amaranth flour, including high-grade, which in terms of the quantitative ratio of components is close to wheat baking flour, contains a complex of physiologically active substances – squalene, minerals, dietary fiber, pectin, vitamins, as well as amaranthine, which can be used to enrich traditional products, create specialized products or new biologically active additives. The use of semi-skimmed amaranth protein flour as a new raw material for bread baking is promising, produced from semi-skimmed amaranth groats – a secondary product in the production of amaranth oil. The introduction of amaranth flour contributes to the increase in the biological value of bread by improving the amino acid composition and significantly eliminating the deficiency of essential amino acids in protein in

¹⁵ Холобцева І. П., Серік М. Л., Самохвалова О. В. Вплив добавки білково-мінеральної на властивості клейковини борошна пшеничного. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 27 (2). 2021. С. 129–139.

bread. At the same time, the degree of satisfaction of the daily human need for essential amino acids increases by 1.5–2 times, which also indicates the effectiveness of the use of amaranth flour¹⁶. The use of amaranth flour is promising for improving the quality of flour for bread, activating pressed yeast, intensifying the dough preparation process, improving the quality, nutritional and biological value of wheat bread. The introduction of amaranth flour in an amount of 10% to the mass of wheat flour provides an increase in the content of zinc and phosphorus by 1.2–1.5 times, calcium by 2.4 times compared to wheat bread without additives¹⁷. Amaranth flour was introduced in dry form in dosages of 1, 3, 5, 7 and 10% instead of wheat flour. It was found that the content of raw gluten decreases slightly when amaranth flour is introduced. With an increase in the dosage of the additive, the structural and mechanical properties of gluten change. The addition of amaranth flour contributes to increased gas formation in the dough. During the research, the effect of amaranth flour on the quality of wheat bread made by various methods was studied. The most optimal method of preparing bread when adding amaranth flour is the steam method with the addition of the additive directly into the liquid dough. The best quality of bread, taking into account its organoleptic indicators, is ensured by using activated pressed yeast prepared on a water-flour mixture containing up to 10% amaranth flour. The introduction of amaranth flour contributes to an increase in the biological value of bread by improving the amino acid composition and reducing the deficiency of essential amino acids in bread. The effect of crushed amaranth seeds on the baking properties of grade I wheat flour was studied, in particular, on the intensity of gas formation during dough fermentation. Crushed white and purple amaranth seeds were introduced with a replacement of grade I wheat flour in an amount of 5, 10, 15, 20, 25 and 30% and after baking at 180...190°C for 20–25 min. the results were compared with a control sample of wheat flour without the addition of amaranth seeds^{18, 19}. It has been established that the introduction of 5% of crushed amaranth seeds has a positive effect on the gas-forming ability of the dough during fermentation, contributes to the improvement of the quality of bakery products and can be used in bread baking technology. Replacing up to 10% of rye flour with amaranth flour allows you to

¹⁶ Миколенко С. Ю., Захаренко А. А. Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. 2020. 1 (19). С. 228–240.

¹⁷ Фахретдінова Д. Р., Нігматьянов А. А., Миронова І. В. Використання амарантового борошна та молочної сироватки для збагачення борошняних кондитерських виробів. *Біологічні науки*. 2017. 6. С. 260–262.

¹⁸ Дорохович А. М., Божок О. С., Мазур Л. С. Тагатола і мальтитол – інноваційна сировина при виробництві жувальної карамелі. *Харчова наука і технологія*. 2016. 1 (10). С. 43–48.

¹⁹ Ружилю Н. С. Використання насіння амаранту в хлібобулочних výroбах. *Харчова промисловість*. 2015. 12. С. 56–58.

obtain a new, quite tasty variety of bakery products – amaranth bread, which has good organoleptic characteristics and a more balanced amino acid composition compared to ordinary bread. The use of amaranth flour in the technology of bakery products in an amount of more than 50% is impossible, because it does not contain gluten, but at the same time, its introduction into bread recipes for enrichment and partial replacement of wheat flour is advisable. For this purpose, partially defatted amaranth flour from amaranth meal or flattened amaranth grains (amaranth flakes) is usually used. Whole grain amaranth flour contains a large amount of fat, which significantly reduces its storage capacity due to the rapid rancidity of the fat²⁰. Due to its low moisture content, it makes sense to use amaranth flour as an additive to wheat flour, the moisture content of which exceeds the values allowed by the regulations. Due to the high acidity of amaranth flour, it is possible to reduce the duration of the fermentation process without the use of enzyme preparations. In terms of gas-forming ability, amaranth flour can be a good additive to wheat flour with strong gluten to improve the quality of semi-finished and finished products²¹.

Due to its low moisture content, it makes sense to use amaranth flour as an additive to wheat flour, the moisture content of which exceeds the values allowed by the regulations. The high acidity of amaranth flour reduces the duration of the fermentation process without the use of enzyme preparations. According to the indicator of gas-forming ability, amaranth flour can be a good additive to wheat flour with strong gluten to improve the quality of semi-finished products and finished products²². The effect of amaranth flour addition on the baking properties of first and highest grade wheat flour and bread quality was studied.

The chemical composition of the technological additive is characterized by a higher content of carbohydrates (up to 72.5%), monosaccharides and disaccharides (up to 3.2%), fiber (up to 2.5%) and ash (up to 0.8%) compared to baking wheat flour. It has been established that the addition of amaranth cereal flour to the mass of wheat flour significantly improves the quality of bread. The volumetric yield of molded bread increases by 10.0–28.0% for high-grade wheat flour, by 3.0–10.0% for first-grade wheat flour; the specific volume of molded bread – by 8.0–26.0% for high-grade wheat flour and by 4.0–11.0% for first-grade wheat flour; shape stability of hearth bread (except for the dosage of 10.0%) – by 17.0% for high-grade wheat flour and by 8.5–12.8%

²⁰ Валух М., Шинкарук М. Дослідження застосування нетрадиційної рослинної сировини у виробництві хлібобулочних виробів. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві* : матеріали МНПК. НУХТ. Київ. 2020. С. 26–31.

²¹ Буяльська Н. П., Гуменюк О. Л., Денисова Н. М., Челябієва В. М. Підвищення харчової цінності хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів : монографія. Чернігів. 2020. 122 с.

²² Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. 1 (57). С. 42–45.

for first-grade wheat flour. Organoleptic evaluation of bakery products from a mixture of wheat and amaranth cereal flour showed a significant improvement in its characteristics when introduced into the dough. The upper crust of the resulting products is more even, smooth and convex than in the control, golden in color. The porosity is more uniform with a small pore size, the crumb remains fresh longer, the skin is thin-walled. In bakery products made with amaranth cereal flour, the amino acid composition of proteins, their biological value and balance are significantly improved. The nutritional value of bread with the addition of amaranth cereal flour increases as a result of enrichment of products with proteins by 9.2%, fats by 28.2%, fiber by 1.5 times, organic acids by 1.3 times. The mineral composition of bread with the additive improves due to an increase in the mass fraction of potassium by 10.1%, calcium by 17.4%, magnesium by 12.1%, phosphorus by 22.6% and iron by 1.5 times, respectively. The vitamin composition of bread with the addition of the additive also improves: the content of thiamine increases by 2.3 times, riboflavin by 3 times, niacin by 1.1 times, respectively. The energy value of 100 g of bread with the addition of amaranth cereal flour increases by 16%²³.

3. Development of new technologies for health-promoting bakery products

A technology for the production of functional bread using amaranth cake and oil has been developed. Bread made from a mixture of wheat flour and amaranth processing products in a ratio of 97:3–85:15 has an increased protein content (by 3–10%), B vitamins, micro- and macroelements, a calcium and phosphorus ratio of 1:1.8 to 1:2.9, and an improved amino acid score of lysine and threonine. Adding 15% amaranth cake and 5% amaranth oil extract to the flour mass allowed to improve the organoleptic and physicochemical parameters of finished products, increase biological value by 24.5%, obtain bread with the most balanced amino acid composition, increase wetting and specific volume, and improve the digestibility of finished products. functional purpose²⁴.

The introduction of amaranth meal into the recipe of bakery products will solve the problem of the deficiency of essential nutrients in the population's diet. Studies of the effect of amaranth meal on the processes of gas formation and gas retention in dough showed that the introduction of amaranth meal intensifies the process of dough fermentation. When adding 5% amaranth meal, dough

²³ Дробот В. І., Приходько Ю. С., Бережна Г. О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. 25 (1). С. 208–214.

²⁴ Сова Н. А., Луценко М. В., Єніна Н. Ю., Васараб-Кожушна Л. Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. *Зберігання і переробка зерна*. 2017. 9 (217). С. 16–19.

fermentation is reduced by 40%, 10% – by 45%, 15% – by 55%, 20% – by 75%. Probably, the intensification of dough fermentation is due to the fact that amaranth meal contains many nutrients: vitamins for yeast. It was found that when amaranth meal was added to the recipe of bakery products, the specific volume index decreased to 16.7%, porosity to 14% compared to the control sample without the additive. The acidity index, on the contrary, increased to 16% with an increase in the amount of the added additive from 5 to 20% to the mass of flour. According to the results of the conducted research, it was found that bakery products with the addition of amaranth meal in an amount of no more than 5% to the mass of flour were characterized by the best physicochemical and organoleptic quality indicators. When the additive was added to the mass of flour in an amount of more than 5%, the specific volume of the products, porosity decreased, and the surface condition, taste and smell deteriorated²⁵.

The effect of amaranth processing products (amaranth seed meal and crushed amaranth leaves) on the quality of fruit bagels was studied. The additives were previously ground to a powder state and added in amounts of 0.5; 1.0 and 2.0% by weight of flour. According to the results of the conducted studies of the effect of amaranth processing product additives on the quality of bakery products, namely fruit bagels, it was found that: with an increase in the amount of additives to 2%, the yield of raw gluten increases, while it becomes less extensible; due to the high activity of lipase and lipoxygenase of amaranth additives, flour gluten is strengthened; the introduction of additives increases the zymase and maltase activity of yeast, which accelerates the dough ripening process; the lifting force of yeast improves; the introduction of additives does not affect the moisture content of the dough; the moisture content of finished products decreases; the acidity of finished products with the use of additives increases. The additives in amaranth processed products do not have a significant effect on the organoleptic properties, the porosity of the products was the same, products with the addition of crushed amaranth leaves had a slight dark shade and a barely noticeable herbal flavor. Based on the conducted studies, the optimal dosages of additives to the flour mass were established: crushed amaranth leaves – 2.0%; amaranth seed meal – 2.0%²⁶. The effect of amaranth flour on the adhesive properties of the dough, the effect of amaranth flour and gum arabic on the structural and mechanical properties of the dough for crackers, the effect of amaranth and flax flour of different qualities on the consumer characteristics and biological value of long-lasting,

²⁵ Фалендиш Н. О., Зінченко І. М., Блаженко М. С. Особливості виробництва органічного хліба з використанням конопляного борошна. *Харчова промисловість*. 2019. 25. С. 7–13.

²⁶ Кручаниця М. І., МIRONЮК І. С., Розумикова Н. В., Кручаниця В. В., Брич В. В., Кіш В. П. Основи харчування : підручник. Ужгород : «Говерла», 2019. 252 с.

sugary, buttery cookies were studied. Partial replacement of wheat flour with amaranth cake flour was proposed, which allows these products to be consumed by different groups of the population, especially those suffering from anemia. Muffin technologies have been developed with various types of gluten-free flour, including amaranth. Amaranth has also found application in the technology of biscuit products²⁷.

Cookies made from whole amaranth flour and wheat flour, preparation of composite cookies from amaranth, dry gluten-free mix for the production of cookies containing rice and amaranth flour, apple powder, powder containing pumpkin, beet, carrot or cranberry, white crystalline sugar, cooking salt, citric acid, baking powder. Researchers have developed a technology that ensures the preparation of the mixture by sequentially mixing amaranth flour, whole milk powder, cocoa bean husk powder, confectionery fat and caramel powder. The feasibility of adding amaranth flour in an amount of 25% for the preparation of a biscuit semi-finished product has been proven, which allows you to obtain a final product with a more uniform, thin-walled, elastic crumb. The use of crushed red and white amaranth grains in bread baking, previously soaked at $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, which were introduced into the recipe from 5 to 30% by weight of wheat flour, was investigated. Increasing the dosage of the additive above 15% led to uneven porosity, crumb sticking and the appearance of a foreign odor. It is more expedient to use amaranth, rather than crushed grains, which can be used as a BAS in other food products to increase biological value.

The optimal concentration of amaranth flour in the recipe of shortbread cookies and yeast cake was determined, which is 8% for cookies and 15% for cake. It was proven that adding fat-containing amaranth flour to wheat flour is advisable in an amount of up to 60%, which reduces the hardness of cookies and improves its organoleptic properties, while higher dosages (60–100% by weight of wheat) of flour worsen the consumer qualities of cookies. The use of amaranth flour for making cookies significantly improved the color of the products to golden brown, and considering the quality indicators, 25% replacement of wheat flour with amaranth was determined as optimal²⁸. The effect of amaranth and flax flour of different qualities on the consumer characteristics and biological value of long-grain, sugar and shortbread cookies was investigated. To study the effect of amaranth flour on the quality of cookies, flour mixtures with a ratio of amaranth flour to wheat flour as 1:1, 3:5,

²⁷ Пахомська О. В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Наукові праці НУХТ*. 2019. 25 (2). С. 276–283.

²⁸ Юргачева Е. Г., Макарова О. В., Хвостенко Е. В. Використання іннуліновмістимої сировини в технології хлібобулочних і кондитерських виробів. *Нутриціологія, дієтологія, проблеми харчування*. 2010. 1 (10). С. 13–17.

1:3 and 1:7 were used. Sugar and shortbread cookies made with amaranth and wheat flour at a ratio of 1:1 and 3:5, respectively, are characterized by a golden brown color, a pleasant aroma and a nutty taste and are superior to traditional wheat cookies despite a slight decrease in the wettability of the products. It is advisable to introduce pre-hydrated flax flour in the recipe of sugar and shortbread cookies with amaranth flour in an amount of 5%, which additionally improves the shape of the products and increases their wettability. The biological value of the developed biscuit increases by 14–16%, the coefficient of the useful amino acid composition of the biscuit increases, in particular, due to the enrichment of the products with lysine, threonine, methionine, cystine²⁹. The NUCT proposed a technology for a biscuit semi-finished product based on amaranth flour, the biscuit recipe is amaranth flour in an amount of 24.4–29.9%, which provides excellent organoleptic and physicochemical indicators of the finished products. The physicochemical indicators of amaranth biscuit are close to the main biscuit, which allows its introduction into production. It was found that the amount of essential amino acids, B vitamins, unsaturated fatty acids increased in amaranth biscuit, the final product has a more uniform, thin-walled, elastic crumb than in the control sample. An improved method of preparing a biscuit semi-finished product is proposed, in which, by introducing amaranth flour in a ratio of wheat and amaranth flour as 3:1, it provides an increase in the nutritional value of the finished product. The use of amaranth flour during the preparation of flour composite mixtures for the production of biscuit semi-finished products weakens the gluten of wheat flour and allows you to obtain a crumb with a well-developed porosity structure. An increase in the mass fraction of amaranth flour in the mixture of more than 25% leads to a decrease in the porosity and specific volume of the studied semi-finished products, which is associated with an increase in the mass fraction of lipids, the content of which in amaranth seeds varies within 7...10%, which leads to a decrease in the stability of the foam structure of the biscuit mass of this recipe composition.

Amaranth flour is used as a functional additive to increase the nutritional value of wafer sheets. The use of amaranth seed flour allows you to expand the range of wafer sheets. Its inclusion in the recipe increases the nutritional value of finished products, improves their structural and mechanical properties. According to the results of the research, analytical dependencies have been established that characterize the influence of recipe components on the quality indicators of the wafer sheet. The optimal proportion of amaranth seed flour

²⁹ Фомина О., Резникова Л. Цикорій прискорює бродіння тіста і збільшує газоутворення. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2007. 6. С. 18–19.

when used simultaneously in the recipe of wafer sheets is 8.0 and 4.0%, respectively, suggesting the improvement of the technology of bakery products using a preparation of dry amaranth leaves, crushed to a powder state, in a dosage of no more than 1%, as well as amaranth malt. The introduction of additives allows you to reduce the rate of sugar addition by half. If the amount of sugar is left within the recipe, then a significant reduction in the ripening period is possible. In addition, amaranth additives have a positive effect on the organoleptic properties of finished products. In Ukraine and the world, the population's interest in non-traditional types of oilseeds is growing, in particular chia seeds (*Salvia hispanica*) as a product that has certain beneficial properties for the human body³⁰. When using wheat bread made with the addition of chia seeds in an amount of 10%, the human body will be additionally provided with calcium, phosphorus, copper, the amount of which increases by 2 and 10 times, respectively. Given the functional properties of amaranth and chia processed products, it is relevant to study the possibility of their use in the technology of bakery products, which, in turn, will contribute to expanding the range of health products. The use of amaranth flour and chia enriches bread with dietary fiber by 54% of the daily requirement, and also improves the amino acid composition of the product due to an increase in the content of leucine, valine, isoleucine, phenylalanine, threonine, lysine. Bakery products are an important component of the diet, they are well digested, as they have a loose crumb, in which proteins are optimally denatured, starch is gelatinized, sugars are dissolved, fats are emulsified, and shells are softened. This makes the components of bread easily accessible to the action of enzymes of the gastrointestinal tract. The appropriate composition and pleasant aroma of bread contribute to the secretion of digestive juices, stimulate appetite. Along with this, the physiological properties of bread need to be improved, since it does not contain enough physiologically functional ingredients, such as dietary fiber, a number of minerals (Ca, Zn, I, Se) and vitamins (B₂, B₃, A, tocopherol). Plant raw materials are recognized as a source of biologically active ingredients, since its components are in the form of natural compounds that are well digested by the body³¹.

Flax seeds can be used as an additive (in the form of both defatted – meal and non-defatted flour – cake) to bakery products in order to increase their nutritional value. Flax seeds contain 3 groups of compounds characterized by specific biological action and functional properties: polyunsaturated ω -3 fatty

³⁰ Лебеденко Т. Є., Соколова Н. Ю. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. 2 (46). С. 38–43.

³¹ Устинов Ю., Кот Г. Використання борошна із проса у хлібопекарському виробництві. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. 6 (115). С. 10–11.

acids, soluble dietary fiber in the form of mucilages and lignans, which have a phytoestrogenic effect. The protein content in flax seeds varies within 20...30%, and the proteins themselves are limited by lysine, but are characterized by a high digestibility coefficient (89.6%) and biological value (77.4%). A feature of flax seed proteins is also the high content of sulfur-containing amino acids – cysteine and methionine, which have antioxidant and geroprotective properties – protect the human body from the destructive effects of free radicals. The purpose of the research was to determine the chemical composition of flax seed meal and technological aspects of its use in baking production in order to give bakery products health-improving properties. The conducted studies have established that flax seed meal (FSM), which was used in the work, contains $32.6 \pm 0.3\%$ protein, $10.5 \pm 0.25\%$ total fat, $37.6 \pm 1.8\%$ carbohydrates, of which $6.4 \pm 0.1\%$ mucus. A comparative assessment of the chemical composition of FSM and first-grade wheat flour showed that FSM contains three times more protein; 7.7% fat; fiber 22.6 times than in flour. The ash content of SNL is 6.4 times higher, which correlates with a significantly higher content in it, compared to wheat flour, of potassium – 4.1; calcium and magnesium – 10; iron – 2.3; zinc – 3.2 times. SNL is able to enrich flour with B vitamins, the presence of folic acid and tocopherol in it, which is a natural antioxidant, is especially valuable. The composition of flour proteins is dominated by salt- and water-soluble protein fractions. SNL proteins have an amino acid score for lysine of 82, while wheat flour proteins only 44. The high content of hydrogen sulfide amino acids (with an amino acid score of 115) and aromatic amino acids (with an amino acid score of 128) is valuable^{32, 33}. To establish the technological properties of SNL, its water absorption capacity, activity of amylolytic and proteolytic enzymes and coarseness were determined. It was found that SNL has a 3.25 times greater water absorption capacity than wheat flour of the first grade, and a 29% lower amylolytic activity. The activity of proteolytic enzymes was not detected by the casein determination method. In terms of particle size, SNL was close to the coarseness of wallpaper flour. In studies, it was found that it is advisable to replace wheat flour with flax meal in an amount of up to 5% in the bread recipe, a larger dosage of meal is accompanied by a deterioration in the organoleptic quality indicators of products, a decrease in their volume and dimensional stability. When developing product recipes using meal, it is necessary to include additional raw materials in their composition, which improves the consumer properties of bread. Given the content of such valuable

³² Фалендиш Н. О., Бадрук Ю. В. Використання продуктів переробки конопляного насіння в хлібопеченні. *Хранение и переработка зерна*. 2016. 10 (206). С. 49–51.

³³ Федорова Т. Нетрадиційні види борошна в хлібопеченні. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 6 (127). С. 9–12.

physiologically functional ingredients as unsaturated fatty acids, lignans and dietary fiber in flax and its processed products, bread with flax meal can be recommended for nutrition for people with diseases of the digestive system, cardiovascular system, diabetes, as well as for preventive purposes for a wide range of consumers. The effect of the degree of grinding of flax seeds on the quality of dough and wheat bread was studied. Flax seeds were ground in a laboratory mill and sieved through wire sieves³⁴. The work used ground flax seeds (FLS), which passed through a wire sieve with a mesh size of 1.0 mm, 0.8 mm and 0.67 mm. Samples of ground flax seeds were divided by size – large, medium and small.

For the obtained samples of ground flax seeds, the water absorption capacity index was determined. It was found that ground flax seeds have a higher water absorption capacity than wheat flour due to the content of dietary fiber and mucus. Moreover, with a decrease in particle size, the water absorption capacity of ground flax seeds increases due to an increase in the area of the particles and more active interaction with water. This factor was taken into account when calculating the amount of water required for kneading the dough. To establish the effect of the size of ground flax seeds on the quality of bread, a test laboratory baking was carried out with its dosage of 20% to the mass of flour. The control sample was a dough sample without the addition of ground flax seeds. It was found that the use of ground flax seeds of different sizes slightly reduces the specific volume of finished products, however, it was noted that in the case of using a sample of small size, the products had a crumb that lost elasticity and was inelastic. In the case of a decrease in the size of the crushed flax seeds, a decrease in the lifting force of the yeast is observed due to a decrease in the maltase activity of the yeast. The addition of crushed flax seeds increases the spreading of the dough ball, compared to the control, after 60 min of fermentation, the more so the smaller its size. The results of the studies indicate a decrease in the gas-holding capacity of the dough with the addition of crushed flax seeds. It was noted that after 60 min of fermentation, compared to the control, the specific volume of the test samples decreases insignificantly, but after 120 and 180 min this difference increases, especially at the 180th minute of fermentation. Along with this, there is no noticeable difference between the samples with different sizes of crushed flax. The authors concluded that to enrich wheat bread with physiologically functional ingredients – crushed flax seeds – it is advisable to grind it to a particle size that passes through sieves with a mesh size of 1.0 or 0.8 mm. An increase in the degree of grinding of flax

³⁴ Фалендиш Н. О. Нові напрями збагачення хліба із застосуванням органічної нетрадиційної сировини. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали МНІПК. Київ. 2020. С. 62–63.

seeds leads to a deterioration in the structural and mechanical properties of the crumb of finished products. It was established that the duration of fermentation of dough samples using crushed flax seeds should be 120 min, which will allow to ensure maximum release of carbon dioxide at the stage of proofing of dough blanks, while ensuring sufficient gas-holding capacity of the dough and less swelling. These recommendations will allow to obtain products with crushed flax seeds of good quality³⁵.

Grain sorghum is a unique cereal plant in terms of its biological characteristics. Sorghum flour provides the human body with proteins, amino acids, fats and fatty acids, carbohydrates, vitamins, and trace elements. In turn, sorghum protein reduces blood cholesterol levels and normalizes the activity of the human digestive system. Sorghum fat contains many essential unsaturated fatty acids (83–88%), which are important for the prevention of atherosclerosis, heart disease and vascular diseases. Gluten-free raw materials include hemp flour, which is characterized by a significant content of unsaturated acids, glycerides, macro- and microelements, and amino acid composition. Due to the content of bactericidal substances, scientists recommend using it for the nutrition of patients with gastrointestinal diseases. Some studies indicate that hemp protein is equivalent to egg protein in terms of amino acid composition³⁶. It has been established that out of 20 available amino acids, 9 are essential, that is, they are not synthesized by the body and are vital for normal functioning (histidine, phenylalanine, methionine, isoleucine, leucine, lysine, threonine, tryptophan, valine). The vitamin composition is no less rich, represented by fat-soluble (carotenoids, E, D, K) and water-soluble (groups B, C) vitamins. In terms of the content of minerals, the flour contains most of the necessary nutrients (zinc, magnesium, iron, phosphorus, manganese, sulfur, potassium, calcium, chlorine). Also in its composition, in an optimal ratio (1: 3), there are polyunsaturated fatty acids Omega-3 and Omega-6. The presence of these components provides anti-inflammatory, anti-stress effect, has a beneficial effect on the main systems of the body (nervous, cardiovascular, digestive, endocrine and reproductive)³⁷. As a result of studies using hemp flour, which contains proteins balanced in amino acid composition, polyunsaturated fatty acids, dietary fiber, as well as vitamins and minerals, it was established that it is appropriate to use it in the production of organic bread from first-grade

³⁵ Горба О. О. Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання : монографія. Полтава : Астрія. 2019. 279 с.

³⁶ Ярошевич Т. С., Ярошевич О. М. Сучасні тенденції у формуванні якості хлібобулочних виробів. *Товарознавчий вісник*. 2013. 6. С. 258–262.

³⁷ Овсієнко С. М., Науменко О. В. Використання біологічно активних речовин у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2021. 9 (17). С. 107–118.

wheat flour. The introduction of 10...20% hemp flour helps to intensify the dough ripening process and reduce the duration of the technological process by 8–20 minutes³⁸. Consumption of bread containing 10 % hemp flour provides an increase in the coverage of the daily human body's need for proteins by 9.5%, fats and fiber by 5.5 and 13.6%, respectively, and also increases the human body's supply of ω -3 and ω -6 fatty acids by 37 and 29%. In bread containing hemp flour, the content of B vitamins and minerals (phosphorus, magnesium, calcium, iron) increases.

Bird cherry flour is of interest to the food industry. This raw material contains tannins, flavonoids, phytoncides, antioxidants that can neutralize the action of free radicals, reduce the risk of malignant formations, help strengthen the walls of blood vessels, and have an active antimicrobial effect. Bird cherry flour contains a significant amount of essential amino acids (leucine, valine, phenylalanine), therefore it is a promising raw material for the production of bakery products³⁹. A new raw material for bakery production is green buckwheat flour. The difference from the usual one is that it is a product made from thermally untreated buckwheat grains, which contain an expanded set of nutrients, including: fiber, calcium, magnesium, sodium, potassium, phosphorus, chlorine, sulfur. It also contains a significant amount of vitamins. It is worth noting that the bioavailability of vitamins from green buckwheat is significantly higher than that of regular buckwheat. This is an indicator of how quickly and to what extent the vitamins of this product are absorbed. To ensure a balanced diet, it is necessary to develop new food products that have increased nutritional and reduced energy value due to the reduced content of sugar, fat and other high-calorie recipe components and the introduction of components with functional properties into the recipe. Bakery products made from wheat flour of the highest and first grades contain a high amount of easily digestible carbohydrates. To reduce the energy value of such products, structural polysaccharides of plant cells (dietary fibers, pectin substances, hemicellulose, etc.) are introduced into their composition⁴⁰. By replacing part of the fat, sugar and eggs with boiled and pureed vegetables (cabbage, carrots, beets, pumpkin), bakery products are enriched with vitamins, mainly beta-carotene, and their calorie content is reduced. To enrich bakery products with vitamins, organic acids, sugar, mineral and pectin substances, in Ukraine, products of fruit

³⁸ Олійниченко О. В., Жукова Я. Ф., Копилова К. В. Класифікації харчових полісахаридів за хімічною природою та функціональним призначенням у молочних продуктах. *Продовольчі ресурси*. 2016. 6. С. 181–193.

³⁹ Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія. / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.

⁴⁰ Даценко А. О. Спосібності пектинов к студнеобразованию. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 7–8. С. 56–58.

processing (apples, quince, grapes, black currants, etc.) and vegetables (carrots, beets, tomatoes, pumpkin, etc.) are used. These include juices, purees, candied fruits, jams, powders, etc.⁴¹. Bakery products play a special role in the diet of the population, as they are consumed daily, and therefore their nutritional value is of significant importance. The intake of proteins, fats, carbohydrates and other components with food products should be accompanied by the introduction of an appropriate amount of ballast substances. In this regard, in recent years, more and more attention has been paid to the issue of including dietary fiber in recipes⁴². The effect of adding nettle meal in an amount of 3% to the mass of flour on organoleptic indicators (crust color, crumb elasticity, taste and aroma of bread) has been studied; at the same time, the process of slowing down staling is noted, the content of vitamins C, P and K, β -carotene and minerals increases⁴³.

CONCLUSIONS

The worldview function of bioethics is to determine the scope of certain “universal” moral norms in different cultural contexts. In most so-called traditional societies, “universal” principles are known, but have specific features in the scale and areas of their application. For example, in a traditional society, there may be moral equivalents of ideas about the “value of the human person” and corresponding codes of conduct. But such codes have significant limitations and exclusions in relation to different contingents of people based on ethnicity, place of residence, social status, gender and age. Bioethics as a special worldview is open to change. Historically, Potter’s survival ethics gave birth to pragmatically oriented South American principledism. That, in turn, initiated European bioethics, biolaw and global ethics as a combination of medical and environmental directions. In Ukraine, the formation and development of bioethics is additionally influenced by processes related to the tasks of creating a market mechanism of the economy and the formation of a society inclined to the ideals of democracy and humanism. Medicine and healthcare in our country are becoming one of the priority areas of public life. The modification of doctor-patient relations is significantly influenced by the increase in medical awareness of the population, the understanding that the

⁴¹ Крапивницька І. О., Перцевої Ф. В., Омельчук С. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 314 с. С. 251.

⁴² Перцевої Ф. В., Камсуліна Н.В., Дроменко О. Б., Діхтярь А. М., Котляр О. В., Омельченко С. Б. Харчові технології : навчальний посібник у 2-х ч. Харків–Суми : ХДУХТ, 2020. 208 с.

⁴³ Іоргачова, К. Г., Лебеденко Т. Є. Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок : монографія. Київ : К-Прес, 2015. 464 с.

health of a person and his children is primarily the subject of his own concern and responsibility. A scientific worldview helps solve practical problems. The worldview function of bioethics contributes to the protection, preservation and sustainable development of life using ethical mechanisms and principles. In the modern world, GM products are an integral part of the economy of most countries in the world. At the same time, there is no unified scientific, social and legislative framework in this area, which dictates the need for further intensive research aimed at improving technologies for obtaining GMOs and a comprehensive study of the biology of transgenic plants.

The main reason for the decrease in the production of bakery products by Ukrainian bakeries in recent years (from 1990 to 2010) is their rational use, which can be considered a progressive phenomenon. With a balanced diet, an adult in our country needs 120–125 kg of bakery products per year, or 350–360 g per day. Rye flour bread should account for approximately a third of the total consumption of bakery products. Bakery products are the most important food product for people in most countries of the world, and for a long time there has been a tendency to reduce their consumption. Over the past 50–60 years, global consumption of bakery products has decreased by approximately two to three times. In Western European countries, bread consumption is much lower than in Ukraine. It does not exceed 120 g per person per day, or 43–45 kg per year (in Germany – 80–83 kg). Through the trade network of officially registered enterprises that carry out retail trade, bakery products worth UAH 1.8–2 billion are sold annually. It is worth noting that today in Ukraine there are many private small bakeries that successfully compete with bakeries. These enterprises produce high-quality products and are as close to the consumer as possible. In recent years, many bakery products have been produced at home, especially in rural areas. This is facilitated by the cultivation of grain by farms and the presence of a large number of minimills.

SUMMARY

Bread and bakery products are one of the main human food products. Preservation of health and working capacity of the population, increasing longevity and improving the quality of life are the priority tasks of the state. The strategic goal of today's world is the creation of “healthy” food, the main direction of which is to reduce the consumption of saturated fats, sugar, salt and increase the consumption of dietary fiber, minerals, vitamins, antioxidants, etc. Of particular importance is the development of recipes for functional flour products, maximally balanced in terms of basic nutrients, as well as enriched with various additives of animal and plant origin, which give flour products adaptogenic, biostimulating, antioxidant and other functions. In the food

industry, bread baking is the main industry that produces various varieties of bread, bakery and bagel products, medicinal and dietary bread products, butter and plain crackers. The bakery industry is an important component of the food complex of Ukraine. Modern baking production is characterized by a high level of automation and mechanization of technological processes, the introduction of new technologies and the expansion of the range of bakery products.

The extremely important and exceptional role of bread has led to the formation of a special attitude towards this product in society, and has given strategic importance and social responsibility to enterprises in the industry. On the one hand, this has become a guarantee of stable demand in the market for bread products, and on the other, since their price and quality, physiological properties and safety, assortment and production volumes are in the center of constant attention not only of industry specialists, but also of the population, government bodies and the media, increased control and attempts at external regulation have led to a significant complication of the work of bread factories, aggravation of problems and the need to solve a number of tasks. Firstly, rapid changes in the life of modern man, a decrease in the health indicators of Ukrainians make it urgent to formulate more stringent requirements for indicators of nutritional value, physiological properties and safety of bread products, the content of synthetic additives, potentially harmful substances and allergens. Secondly, taking into account the significant natural potential in adjusting the nutritional status, the mass and constant consumption of bread, nutritionists note the relevance of studying world experience and activating domestic developments of product technologies capable of strengthening and protecting human health in modern conditions, preventing the spread of non-communicable, “environmentally caused” and occupational diseases. Thirdly, in the context of Ukraine’s integration into the world community, for domestic baking enterprises, the preparation of bread at which is characterized by higher energy, material, and labor costs, with a disparity in the growth of prices for cost components and products, the issue of increasing the efficiency and investment attractiveness of production is extremely important. Solving tasks and overcoming problems in the industry are significantly complicated by the peculiarities of the organization and the multifaceted nature of the technological process, the uniqueness of the characteristics of flour systems. The preparation of bread products is the result of a complex of interdependent and coordinated physical, colloidal, biochemical, microbiological and other processes, the formation of product quality depends on many objective and subjective factors, primarily the properties of raw materials, technological process parameters, which are characterized by dynamism, a certain uncertainty, and the random nature of changes. All this, combined with the decrease in the quality of raw

materials, the inclusion of non-traditional functional ingredients in recipes, the increase in prices for energy carriers, equipment, etc., significantly complicates the development of measures to regulate the properties of flour systems, manage processes that ensure the transformation of biopolymers and biologically active substances, adjust the species composition, activity of the microflora of semi-finished products, the ultimate goal of which should be a comprehensive improvement in product quality and giving it physiological properties. The innovative dynamic development of the baking industry requires an integrated approach, development and implementation of technological solutions that will ensure a balance in the formation of all product quality criteria from the modern positions of consumers, nutritionists and manufacturers.

Bibliography

1. Бондаренко Ю. Хліб у часи війни. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. 6 (115). С. 12–15.
2. Нікішина О. В. Пріоритети національної зернової політики та механізми їх реалізації в умовах глобалізації економіки. *Економіка харчової промисловості*. 2012. (16). С. 14–22.
3. Костецька Н. І. Ринок хліба і хлібобулочних виробів України: стан і перспективи розвитку. *Галицький економічний вісник*. 2015. 48 (1). С. 26–31.
4. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях : підручник. Київ : НУХТ, 2016. 455 с.
5. Дробот В. Поговоримо про оздоровчі харчові добавки в хлібі та нетрадиційну сировину. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2005. 12. С. 22–24.
6. Дробот В. І., Грищенко А. М. Розробка нових видів безбілкових хлібобулочних виробів. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2011. Т. 1. 38 (1). С. 164–167.
7. Лебеденко Т. Є. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. 2 (46). С. 38–43.
8. Холод Т., Капрельянц Л. Перспективи використання нетрадиційної рослинної сировини у технології білковмісних харчових продуктів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. 73. С. 446.
9. Овсієнко С.М., Соломон А.М. Амарант: практичні аспекти використання : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 151 с.
10. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і ціа на якість хліба. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2019. 5 (1330). С. 145–151.

11. Дорохович В. В., Долюк М. Ю., Лукаш К. Р. Визначення можливості та доцільності застосування мальтитолу і борошна амаранту в технології цукрового печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. 27 (2). С. 111–121.
12. Матияшук О. В., Фурманова Ю. П., П'яних С. К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. 2 (6). С. 52–58.
13. Буяльська Н. П., Литвиненко О. О., Денисова Н. М. Використання продуктів переробки амаранта у виробництві хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2020. 3(17). С. 226–223.
14. Дорохович А. М., Бадрук В. В. Надання машмелоу статусу функціональний і дієтичний продукт за рахунок раціонального використання мальтитолу та фруктози. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. 42 (1). С. 220–225.
15. Холобцева І. П., Серік М. Л., Самохвалова О. В. Вплив добавки білково-мінеральної на властивості клейковини борошна пшеничного. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 27 (2). 2021. С. 129–139.
16. Миколенко С. Ю., Захаренко А. А. Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. 2020. 1 (19). С. 228–240.
17. Фахретдінова Д. Р., Нігматьянов А. А., Миронова І. В. Використання амарантового борошна та молочної сироватки для збагачення борошняних кондитерських виробів. *Біологічні науки*. 2017. 6. С. 260–262.
18. Дорохович А. М., Божок О. С., Мазур Л. С. Тагатоza і мальтитол – інноваційна сировина при виробництві жувальної карамелі. *Харчова наука і технологія*. 2016. 1 (10). С. 43–48.
19. Ружило Н. С. Використання насіння амаранту в хлібобулочних виробках. *Харчова промисловість*. 2015. 12. С. 56–58.
20. Валух М., Шинкарук М. Дослідження застосування нетрадиційної рослинної сировини у виробництві хлібобулочних виробів. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві* : м-ли МНПК. НУХТ. Київ. 2020. С. 26–31.
21. Буяльська Н. П., Гуменюк О. Л., Денисова Н. М., Челябієва В. М. Підвищення харчової цінності хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів : монографія. Чернігів. 2020. 122 с.
22. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. 1 (57). С. 42–45.
23. Дробот В. І., Приходько Ю. С., Бережна Г. О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2019. 25 (1). С. 208–214.

24. Сова Н. А., Луценко М. В., Єніна Н. Ю., Васараб-Кожушна Л. Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. *Зберігання і переробка зерна*. 2017. 9 (217). С. 16–19.

25. Фалендиш Н. О., Зінченко І. М., Блаженко М. С. Особливості виробництва органічного хліба з використанням конопляного борошна. *Харчова промисловість*. 2019. 25. С. 7–13.

26. Кручаниця М. І., Миронюк І. С., Розумикова Н. В., Кручаниця В. В., Брич В. В., Кіш В. П. Основи харчування : підручник. Ужгород : «Говерла», 2019. 252 с.

27. Пахомська О. В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Наукові праці НУХТ*. 2019. 25 (2). С. 276–283.

28. Іоргачева Е. Г., Макарова О. В., Хвостенко Е. В. Використання іннуліновмістимої сировини в технології хлібобулочних і кондитерських виробів. *Нутриціологія, дієтологія, проблеми харчування*. 2010. 1 (10). С. 13–17.

29. Фомина О., Резникова Л. Цикорій прискорює бродіння тіста і збільшує газоутворення. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2007. 6. С. 18–19.

30. Лебеденко Т. Є., Соколова Н. Ю. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2012. 2 (46). С. 38–43.

31. Устинов Ю., Кот Г. Використання борошна із проса у хлібопекарському виробництві. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. 6 (115). С. 10–11.

32. Фалендиш Н. О., Бадрук Ю. В. Використання продуктів переробки конопляного насіння в хлібопеченні. *Хранение и переработка зерна*. 2016. 10 (206). С. 49–51.

33. Федорова Т. Нетрадиційні види борошна в хлібопеченні. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 6 (127). С. 9–12.

34. Фалендиш Н. О. Нові напрями збагачення хліба із застосуванням органічної нетрадиційної сировини. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали МНПК. Київ. 2020. С. 62–63.

35. Горба О. О. Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання : монографія. Полтава : Астроя. 2019. 279 с.

36. Ярошевич Т. С., Ярошевич О. М. Сучасні тенденції у формуванні якості хлібобулочних виробів. *Товарознавчий вісник*. 2013. 6. С. 258–262.

37. Овсієнко С. М., Науменко О. В. Використання біологічно активних речовин у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2021. 9 (17). С. 107–118.
38. Олійніченко О. В., Жукова Я. Ф., Копилова К. В. Класифікації харчових полісахаридів за хімічною природою та функціональним призначенням у молочних продуктах. *Продовольчі ресурси*. 2016. 6. С. 181–193.
39. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія. / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.
40. Даценко А. О. Способности пектинов к студнеобразованию. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 7–8. С. 56–58.
41. Крапивницька І. О., Перцевой Ф. В., Омельчук Є. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 314 с. С. 251.
42. Перцевой Ф. В., Камсуліна Н.В., Дроменко О. Б., Діхтярь А. М., Котляр О. В., Омельченко С. Б. Харчові технології : навчальний посібник у 2-х ч. Харків–Суми : ХДУХТ, 2020. 208 с.
43. Юргачова, К. Г., Лебеденко Т. Є. Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок : монографія. Київ : К-Прес, 2015. 464 с.

Information about the authors:

Kichura Dariia Bohdanivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of organic substances

Lviv Polytechnic National University

12, Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

Sobechko Iryna Borysivna,

Doctor of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of physical,

analytical and general chemistry

Lviv Polytechnic National University

12, Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

**FUNCTIONAL HEALTH PRODUCTS BASED
ON POLYSACCHARIDES**

Kichura D. B., Sobechko I. B.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-10>

INTRODUCTION

In the conditions of the modern market, the production of high-quality, cost-effective, competitive products is simply impossible without the use of advanced technologies and innovative solutions in the field of providing people with food. Innovations in the field of food technologies are subordinated to the search for ways and means that ensure economic production and guarantee maximum safety and quality of food products, including nutritional value, organoleptic properties, as well as properties that determine health benefits, the totality of which directly depends on the ingredient composition of the food product. Priority areas of innovation in the field of food production are the development of promising methods of production, storage, transportation and processing of products; the formation of mechanisms for the rational use of raw materials; the development of new types of high-quality food products; improving methods of promoting consumer products. Intensification of scientific research and the accumulation of extensive practical material contribute to the deepening of theoretical knowledge on innovations and the improvement of modern technologies. The development of new technologies in the food industry and the creation of a wide range of qualitatively new products with a targeted change in chemical composition and properties is an important direction of modern nutriscience, contributing to the preservation of the population's health. The development of research in the field of nutrition, the development of new technologies contribute to the expansion of the range of products, stimulate the search for new sources of food raw materials. The production of food products for the prevention of common alimentary, i.e., food-related, diseases is relevant. In addition, solving the problem of preserving the health and longevity of the population correlates with the provision of adequate biologically complete nutrition for all age and social groups. An important condition for the implementation of state projects in this area is the production of special food products on modern equipment using ingredients

of both dairy and non-dairy origin that satisfy the physiological needs of the human body in substances and energy and perform various functions. High-quality nutrition is one of the main factors in ensuring human health. Consumers are beginning to pay more and more attention to functional food products, that is, their ability to reduce the threat of human disease with the most common diseases of civilization – diabetes, cardiovascular, allergies, gastrointestinal. The creation of fundamentally new technologies, deep complex processing of raw materials into high-quality products that have a health-improving effect on the human body, provide prevention of nutritionally dependent conditions and diseases, contribute to the elimination of deficiencies of proteins, vitamins, micro- and macroelements, and other essential substances can be considered a priority problem. These requirements are met by products with functional ingredients, biologically active additives, and other groups. With the help of food combinatorics, it is possible to weaken the negative environmental influences by designing and constructing food products that are not only safe for humans, but also those that protect their genetic structures. One of the effective measures of diet correction and prevention is the use of modern dairy products, in particular, for mass consumption with a changed composition, but traditional taste. Such products provide additional health benefits due to their balanced and enriched composition. compliance with the norms of daily nutrient intake.

1. Main polysaccharides and their use in the food industry

Starch is the final product of carbon assimilation by plants, their reserve nutrient. It is used in cooking, for the manufacture of confectionery, certain types of sausages, concentrates, in everyday life, in the food, pharmaceutical, textile, paper, leather and other industries. Various types of modified starch, sago, molasses, glucose, glucose-fructose syrup are obtained from starch. Global production of starch and starch products has doubled over the past decade and now amounts to about 60 million tons, including 36 million tons in the USA and 9 million tons in the European Union, 45 million tons are produced from corn, 5 million tons from tapioca, 4 million tons from wheat, and about 2.5 million tons from potatoes. In plants, starch is contained in the form of microscopic grains of a crystalline structure of various sizes and structures, depending on their type. Important technological properties of starch are the ability to gelatinize and form gelatin. Potato starch forms transparent pastes of high viscosity. It is used in starch-molasses production, for the manufacture of jelly, some types of sausage and confectionery products, for thickening soups, sauces, gravy, etc. The quality and yield of starch are affected by operations such as cleaning and washing potatoes, grinding them, separating cell juice and pulp, refining starch milk, removing sand, washing starch, separating

starch from milk, drying, sieving and packaging. Raw starch with a moisture content of about 50% is used to produce dry starch, molasses, and other starch products. The residual moisture content after drying should be 17–20%, which corresponds to a relative humidity of 65–75%. Underdried starch is poorly stored. Corn starch – forms pastes of low viscosity, low transparency, but stable during mixing, heat exposure and storage. Therefore, it is used in canning, for making puddings, sauces, pie fillings, as well as to weaken the action of gluten and give greater tenderness to bakery and flour confectionery products. The yield and quality of starch depend on the following operations: soaking the grain, coarse wet grinding, separation of the germ, fine wet grinding of the pulp, separation of free starch from the pulp and refining of the starch suspension, separation of starch and protein, washing on vacuum filters and drying. Coarse wet grinding makes it possible to isolate a valuable component – the germ, from which corn oil is obtained after cleaning and drying. Wheat starch. Wheat starch grains have a round or elliptical shape, mainly large (25–35 microns) and small (2–10 microns) sizes. In the center of large grains, a “eye” is barely visible. The formation of cracks in starch grains during wheat grinding is due to excessive compression, therefore it is considered advisable to use corrugated rolls. This starch forms low-viscosity pastes, more transparent compared to corn starch pastes. At high concentrations, its pastes form elastic jellies after cooling. Requirements for starch quality. Commercial starch contains various impurities of organic and mineral origin, which affect its quality, grade, price and use. Potato starch – is divided into the following grades by quality: extra, higher, 1st and 2nd; Corn – into higher and 1st; Wheat – into extra, higher and 1st. Potato starch varieties are distinguished by color: extra and superior varieties should be white with a crystalline sheen, 1st – white and 2nd – white with a grayish tint. Large starch grains reflect light better and therefore have a more pronounced shine. Corn and wheat starch of all varieties should be white, but a yellowish tint is allowed. Starch has a faint odor due to the presence of volatile substances, mainly essential oil. Potato starch smells stronger than corn. Starch should not have an off-odor that occurs due to violation of transportation or storage conditions, as well as spoilage. In appearance, starch should be in the form of homogeneous powder particles, without grains, side impurities that impair its quality. The humidity of grain types of starch is normally up to 13%, and amylopectin – up to 16%. In case of violation of transportation and storage conditions, it can increase, and this contributes to microbiological spoilage of the product. A very important indicator of starch quality is the number of specks, i.e. dark inclusions, which are visually visible on the leveled surface of the starch. It is limited and depends on the grade and type of starch, pcs. per 1 dm³: potato grade extra – 60, higher – 280, 1st – 700; corn higher – 300;

1st – 500; wheat extra – 280, higher – 550; 1st – 750. The maximum ash content of potato starch grade extra – 0.3%, 2nd – 1, corn higher – 0.2, 1st – 0.3%. Store starch in clean, dry, well-ventilated warehouses, free from foreign odors and free from pests. The optimum storage temperature is considered to be 70% relative humidity, although it is permissible to up to 75%, and a temperature of about 100°C. Under these conditions, the standards provide for the storage of potato and corn starch for 2 years, and wheat starch for 1 year. Longer storage significantly reduces the ability of starch to gelatinize. In rooms with increased relative humidity, it becomes humid, and as a result of microbiological processes and spoilage, it acquires first a sour, musty, and then a putrid odor.

Modified types of food starch – are mainly obtained using the following chemical treatment methods, as well as their combinations: esterification with acetic and succinic anhydrides, a mixture of acetic and adipic anhydrides, octylnylic anhydride, phosphoryl chloride, trimethophosphate and sodium tripolyphosphate, as well as odono-substituted sodium orthophosphate with the formation of ester derivatives; esterification with propylene oxide, with the formation of simple esters, acid modification of hydrochloric and sulfuric acids, with the formation of hydrolyzed products; bleaching with hydrogen peroxide, peracetic acid, potassium permanganate and sodium hypochloride; oxidation with sodium hypochloride. Types of swelling starch. These include such types of modified starches that can be partially or completely dissolved in cold water (instant starch). The basis for obtaining such types of starch are physical transformations that do not cause significant destruction of starch molecules. They are obtained by drying starch suspension in a spray or roller dryer at a temperature exceeding the starch gelatinization temperature. As a result of heat treatment, the structure of starch grains is partially or completely destroyed. Extruded starch – by its properties, belongs to the group of those that swell, and by the processing method – to starch that is subject to moisture-heat treatment at a temperature above the gelatinization temperature. As a result of the loss of free and partially bound moisture, the processed product acquires a secondary structure, becomes brittle, swells in contact with water and partially dissolves in it. Extrusion is carried out on extrusion plants, in which it is premoistened to 34%, subjected to compression, heating to 200°C and intense mechanical action. As a result, starch gelatinization occurs. Types of swelling starch are used in the technology of various desserts, jelly marmalade, butter dough containing berries, and instant starch is used for quick-cooking puddings. Split types of starch are obtained by treatment with acids, sometimes in combination with oxidants and separately with enzymes. An example is hydrolyzed types of starch. They are obtained by treatment of starch suspensions, solutions

of acids or hydrolytic enzymes – amylases. Depending on the conditions of hydrolysis, the corresponding properties of starch are formed. For example, starch treated with acids at elevated temperatures is capable of forming low-viscosity pastes; solutions of hydrochloric or sulfuric acids are more often used at a suspension temperature below the starch gelatinization temperature. These types of starch are used for the production of marmalade and pastille products, jellies, and chewing gums. Gelling starch – obtained by oxidizing starch grains with potassium permanganate in an acidic environment. The purified starch suspension with a dry matter concentration of 35% is oxidized for 30 min with potassium permanganate (0.15–0.20% to dry matter of starch) in the presence of hydrochloric acid. Then the mixture is washed, thickened, dehydrated, dried and packaged. Starch phosphate is a complex ester of starch and residues of phosphoric acid or its salts. It differs from ordinary starch in the increased ultimate viscosity of pastes, their greater stability to mechanical action and acidity of the medium, as well as to high and low temperatures. It is used to thicken canned meat, as a stabilizer of dietary mayonnaises with a reduced fat content, fatty creams, sauces, jelly, quick-frozen foods, to improve the quality of bread, cookies, and wafers. The color of phosphate starch of grade A is from white to white with a yellowish tint, grade B is from cream to fawn. Acetylated types of starch are obtained by heating a mixture of 25–100 parts of glacial acetic acid and 100 parts of starch and keeping it at a temperature of 100°C for 5–13 hours. The hydroxyl groups of the glucose residue form ether bonds with acetic acid residues. As a result, the content of acetyl groups in starch is 3–6%, depending on the dosage of acid and the duration of treatment. At the maximum degree of acetylation, three hydroxyl groups of each glucose residue form ether bonds with acetic acid residues. Excess acid is removed by washing the starch with cold water. Simultaneously with acetylation, starch is also cleaved. Such starch is well soluble at a temperature of 95–100°C. Molasses is a product of incomplete hydrolysis of starch by diluted acids or amylolytic enzymes, which forms a syrupy, thick, viscous, colorless or slightly yellowish, transparent liquid with a sweet taste. Due to its anti-crystallization and hygroscopic properties, it is widely used for the production of caramel, halva, jam, many types of candies, gingerbread, liqueurs, some types of bakery products, etc. Molasses dextrins increase the viscosity of sugar syrup and slow down the crystallization of sucrose, and reducing sugars, due to their hygroscopic properties, contribute to the appropriate preservation of moisture. Caramel molasses – can be low-sugar, higher and 1st grades. They are distinguished by the content of reducing substances, as well as the temperature of the caramel sample, mass fraction

of ash and acidity. High-sugar glucose syrup contains 44–60% reducing sugars in terms of dry matter and is used to make jams, jellies, pastilles, and baked goods. Dextrin (maltose syrup) is a component of liquid and dry infant formulas. Maltose syrup contains at least 65% reducing sugars (in terms of maltose) and has a brown color and a sweet malt flavor. It is used to prepare sweet dishes, baby formulas, gingerbread, some types of baked goods, and in diet foods. Maltodextrins are low-sugar starch hydrolysates that contain 5 to 25% reducing substances. They are used to produce baby products, as fillers for puddings, confectionery, and artificial cream. Glucose is the final product of starch hydrolysis. Crystalline and food-grade glucose are used for the production of food products. Crystalline glucose is produced in the form of a white crystalline powder that passes through a sieve with holes with a diameter of 1.5 mm. It should have a sweet taste and be without an aftertaste. Its humidity should not exceed 9%; the content of reducing substances in terms of dry matter is 99.5%. Shelf life is 1 year. Food-grade glucose is prepared without isolating intercrystalline liquid. It is used for the production of confectionery, soft drinks, ice cream, etc. Glucose-fructose syrup is prepared from high-quality starch through saccharification and isomerization of glucose. Under conditions of chemical equilibrium, it is impossible to isomerize more than 50% of glucose in solution into fructose. Therefore, about 42% of fructose (on dry matter of SR) accumulates in the isomerized syrup. The finished syrup contains 71% dry matter and has a sweetness close to sucrose. It is used instead of sucrose in drinks, for canning fruits and vegetables, in the production of some types of confectionery and bakery products, ice cream, condensed milk, etc. ^{1, 2}.

2. Use of polysaccharides as functional additives

Polysaccharides (polyoses) are natural polymers built from a large number of residues of monosaccharide molecules and their derivatives. According to the monosaccharide composition, polysaccharides are divided into homopolysaccharides, or homoglycans, which consist of residues of monooses of the same type, and heteropolysaccharides, or heteroglycans, the molecules of which contain residues of different monosaccharides. Polysaccharides also differ in molecular weight and molecular structure. By the nature of the polyglycoside chain, they can be linear and branched.

¹ Полумбрик, М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини : монографія. Національний університет харчових технологій. Київ : Академперіодика, 2011. 487 с.

² Остапченко Л. І., Андрійчук Т. Р., Бабенюк Ю. Д., Войцицький В. М., Давиденко А. В., Рибальченко В. К., Скопенко О. В. Біохімія : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 796 с.

Polysaccharides, which are an integral part of many food products, can have different names depending on their purpose, economic considerations and trends: hydrocolloids, carbohydrates, dietary fibers (both natural and modified), stabilizers, emulsifiers, gelling agents and thickeners, gums, fat substitutes or imitators. At the same time, according to current regulatory documents, product labeling should reflect not only the total carbohydrate content, but also the polysaccharide content separately, since the presence of the latter increases the benefits of the product and, accordingly, affects its added value. Food polysaccharides can be considered as multifunctional food additives, the main areas of application of which are: 1) emulsification, stabilization, gelation, thickening; 2) replacement or imitation of milk fat; 3) increasing the nutritional value of the product by increasing the content of dietary fiber. Thus, each food polysaccharide can simultaneously perform several functions. For example, carboxymethylcellulose in dairy products acts simultaneously as an emulsifier, stabilizer, dietary fiber and fat substitute, since it is a surfactant and causes the dispersion of incompatible phases (fat and water), maintains the resulting emulsion structure in a stable state, is not digested in the human gastrointestinal tract, thus reducing calorie content, and gives a pleasant consistency to the product with a reduced fat content. Whatever function food polysaccharides perform in the finished product, they can be classified by chemical structure (composition of monomer units, their substituents, diversity and location of these units in the polymer chain), see Figure 1.

Polymers consisting of monomers of the same structure are referred to as homopolysaccharides, and those that have different monomers in their composition are referred to as heteropolysaccharides. Depending on the structure of the monomer units, homopolysaccharides are divided into glucans, fructans, galactans, arabinans, xylans, mannans and polyuronides. Stabilizers, emulsifiers, gelling agents and thickeners. Polysaccharide food additives, which according to the EU classification have received numbers E400–E499, are divided into four functional groups:

stabilizers, emulsifiers, gelling agents and thickeners. Emulsifiers contribute to obtaining a homogeneous dispersion of two mutually insoluble liquids, one of which is evenly distributed in the second in the form of the smallest droplets, and stabilizers maintain such a system in an equilibrium state. Gelling agents give the product a gel structure, while thickeners increase the viscosity of the food product. In practice, it is difficult to differentiate emulsifiers and stabilizers, since most food polysaccharides perform several functions simultaneously depending on pH, ionic strength,

CLASSIFICATION OF POLYSACCHARIDES

Polysaccharides are long-chain carbohydrates composed of many monosaccharide units linked by glycosidic bonds.



MAIN CRITERIA OF CLASSIFICATION

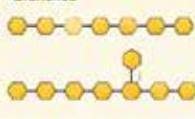
1 BY COMPOSITION

- Homopolysaccharides (one type of monosaccharide)
- Heteropolysaccharides (two or more types of monosaccharides)



2 BY STRUCTURE

- Linear (unbranched)
- Branched



3 BY FUNCTION

- Storage polysaccharides
- Structural polysaccharides
- Protective polysaccharides



DETAILED CLASSIFICATION

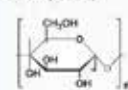
1. BY COMPOSITION

A. Homopolysaccharides

Composed of only one type of monosaccharide.

Examples:

- Starch (glucose)
- Glycogen (glucose)
- Cellulose (glucose)
- Inulin (fructose)



B. Heteropolysaccharides

Composed of two or more types of monosaccharides.

Examples:

- Hyaluronic acid (glucuronic acid + N-acetylglucosamine)
- Heparin (glucuronic acid + N-acetylglucosamine + sulfate group)
- Pectin (galacturonic acid, rhamnose, galactose, etc.)



2. BY STRUCTURE

A. Linear (Unbranched)

Monosaccharide units are linked in a single straight chain.



B. Branched

One or more side chains are attached to the main chain.



3. BY FUNCTION

A. Storage Polysaccharides

Serve as energy reserves in plants and animals.

Examples:

- Starch (plants)
- Glycogen (animals, fungi, bacteria)



B. Structural Polysaccharides

Provide structural support and strength to cells and tissues.

Examples:

- Cellulose (plant cell walls)
- Chitin (fungal cell walls, exoskeletons)



C. Protective Polysaccharides

Protect organisms from desiccation, infection and mechanical damage.

Examples:

- Mucilage
- Capsules (in bacteria)
- Pectin (in plant cell walls)



EXAMPLES OF IMPORTANT POLYSACCHARIDES

Starch	Glycogen	Cellulose	Chitin	Hyaluronic Acid	Pectin
Source: Plants (seeds, roots, tubers)	Source: Animals, fungi, bacteria	Source: Plant cell walls	Source: Fungi, arthropods	Source: Connective tissues, skin	Source: Plant cell walls, fruits
Function: Energy storage	Function: Energy storage	Function: Structural support	Function: Structural support	Function: Lubrication, tissue hydration	Function: Structure, water retention

LEGEND



Fig. 1. Classification of polysaccharides

concentration and the presence of other compounds³. The nature of the interaction of the water-protein-polysaccharide components depends on factors such as the concentration of the mixture components, pH and ionic strength. Thickeners and gelling agents are, by their chemical nature, linear or branched polymer chains with hydrophilic groups that enter into physical interaction with the water present in the product. With the exception of polysaccharides of bacterial (xanthan gum E 415 and gellan gum E 418) and animal origin (gelatin), thickeners and gelling agents are carbohydrates (polysaccharides) of plant origin or plant hydrocolloids. They are obtained from terrestrial plants or algae. Alginic acid E 400 and its salts E 401...404 are obtained from brown algae. The most popular gelling agents – agar (agar-agar) E 406 and carrageenan (including furcelleran) E 407 – are obtained from red seaweed, and pectin E 440 – most often from apples and citrus fruits. Plant polysaccharides, according to the functions they perform in the plant body, are divided into protective colloids secreted by the plant when damaged (exudates, resins), and reserve polysaccharides that accumulate in seeds. The resins include: arabinogalactan E 409, tragacanth E 413, gum arabic E 414, karaya gum E 416, ghatti gum E 419. The reserve polysaccharides include locust bean gum E 410, oat gum E 411, guar gum E 412 and tara gum E 417. According to their chemical structure, hydrocolloids are divided into three groups: acidic polysaccharides with uronic acid residues, acidic polysaccharides with sulfuric acid residues and neutral polysaccharides. Acidic hydrocolloids with uronic acid residues (for example, tragacanth E 413 and gum arabic E 414) and neutral compounds (for example, locust bean gum E 410 and guar E 412) are used as thickeners. Acidic polysaccharides with sulfuric acid residues are used as gelling agents (for example, agar E 406 and carrageenan E 407).

3. The effect of polysaccharide modification on their properties

The properties of thickeners, especially neutral polysaccharides, can be changed by physical (e.g., thermal) treatment or by chemical modification (e.g., by introducing neutral or ionic substituents into the molecule). By chemical or physical modification of starch, it is possible to achieve: a decrease or increase in the temperature of paste formation; a decrease or increase in the viscosity of the paste; an increase in solubility in cold water; the appearance of emulsifying properties; a decrease in the tendency to retrogradation; resistance to syneresis, the action of acids,

³ Олійніченко О. В., Жукова Я. Ф., Копилова К. В. Класифікації харчових полісахаридів за хімічною природою та функціональним призначенням у молочних продуктах. *Продовольчі ресурси*. 2016. 6. С. 181–193.

high temperatures, and freeze-thaw cycles. In this case, various types of modified starches are obtained (E 1400–1450). Modified polysaccharides also include cellulose esters E 461–467. The effectiveness of hydrocolloids is determined not only by the structural features of their molecules (chain length, degree of branching, nature of monomer units and functional groups with their location in the molecule, presence of glycosidic bonds), but also by the composition of the food product, the method of its production and storage conditions. The dissolution and dispersion of hydrocolloids are affected by the size and shape of their particles, specific surface area, and granulometric composition. The method of preparing the solution (dispersion) is of great importance: the intensity and time of mixing, temperature, pH value, the presence of electrolytes, minerals and substances subject to hydration (for example, sugar), the possibility of forming complexes with other compounds present in the system, and the processes of decomposition caused by enzymes or microorganisms. There are thickeners that can form associates with other high-molecular components of a food product, which causes a noticeable increase in viscosity. The behavior of neutral polysaccharides, unlike polyelectrolytes, is practically independent of changes in the pH of the medium and salt concentration. Gels (jellies) are dispersed systems consisting of at least two components – a dispersed medium and a dispersed phase distributed in it. The dispersed medium is a liquid. In food systems, this is usually water, and therefore the gel is called a hydrogel. The dispersed phase is a gelling agent, the polymer chains of which form a cross-linked network and do not have the mobility that thickener molecules have in highly viscous solutions. Water in such a system is physically bound and also loses mobility. This results in a change in the consistency of the food product. The structure and strength of food gels obtained using different gelling agents can vary greatly. A gel is practically an immobilized form of a colloidal solution (sol). To transform a sol into a gel, it is necessary for forces to begin to act between molecules distributed in a liquid, causing intermolecular crosslinking. This is achieved in various ways: by reducing the amount of solvent due to evaporation; by reducing the solubility of the distributed substance due to chemical interaction; by adding substances that promote the formation of bonds and crosslinking; by changing the temperature and adjusting the pH value. The onset of gelation is accompanied by a slowdown in the Brownian motion of particles of the dispersed phase (an increase in viscosity), their hydration, and the formation of a polymer network. The ability of polymers to form a polymer network depends on the length and number of linearly oriented

sections of their molecules, as well as the presence of side chains that create steric hindrance during intermolecular interaction^{4, 5}.

The mechanisms of gel formation can vary considerably, with three main mechanisms currently recognized; the sugar-acid model (highly esterified pectins), the “eggshell” model (e.g., low-esterified pectins), and the double-helix model (e.g., agar). Dietary fibers. Another functional domain of food polysaccharides is dietary fibers. According to the generally accepted definition, dietary fibers (dietary fibers) are edible parts of plants or similar carbohydrates that are resistant to digestion and absorption in the human small intestine and are partially or completely fermented in the large intestine. Dietary fibers enhance/regulate intestinal peristalsis, contribute to the reduction of cholesterol and/or glucose levels in the blood. The class of dietary fibers includes indigestible dietary polysaccharides, lignin and other compounds of plant origin, animal fibers, as well as modified and synthetic indigestible dietary polysaccharides⁶. Dietary fibers can be divided into traditional and functional. Traditional dietary fibers are obtained by minimal processing from plant raw materials and such dietary fibers are considered components (ingredients) of food products, while the so-called functional dietary fibers require more complex technologies (chemical, enzymatic, mechanical, thermal and others) and are considered food additives (E 400–499). The advantages of functional dietary fibers are controlled particle size and higher water-holding capacity, which brings them closer in functionality to hydrocolloid food stabilizers. Classification of dietary fibers according to the nature of their interaction with water, dietary fibers are divided into soluble (pectin, β -glucan, galactomannan, inulin and other oligosaccharides that are not digested in the human gastrointestinal tract) and insoluble (lignin, cellulose and hemicellulose)⁷. Insoluble dietary fibers are high-molecular compounds and are responsible for water adsorption and gastrointestinal regulation, while soluble dietary fibers are low-molecular and are responsible for lowering blood cholesterol levels and reducing glucose absorption in the small intestine. In addition, the amount of information on

⁴ Луговський О. Ф., Берник І. М. Ультразвукові кавітаційні апарати для реалізації екологічно безпечної технології вилучення пектину з вторинної рослинної сировини. *Вісник Національного технічного у-ту України «Київський політехнічний інститут»*. Серія машинобудування. 2010. 58. С. 82–86.

⁵ Луговський О. Ф., Берник І. М. Ультразвуковий кавітаційний екстрактор для рідинно-дисперсних середовищ. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. 58. 37. С. 348–352.

⁶ Снежкін Ю. Ф., Шапар Р. О. Тепломасообмінні технології 296 переробки пектиновмісної сировини: монографія. Київ : СІК ГРУП Україна, 2018. 228 с.; Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія. / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун–т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.

⁷ Даценко А. О. Способности пектинов к студнеобразованию. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 7–8. С. 56–58.

the therapeutic properties of low-molecular dietary fibers is increasing. In particular, it has been shown that some low-molecular agars and alginates have prebiotic activity, and low-molecular pectins have immunomodulatory activity. Dietary fibers perform such functions in the product as: binding and retaining moisture; thickening and stabilization; reducing moisture migration from the filling; ensuring the flowability of dry mixes; enrichment with ballast substances; reduction of energy value; thermal stability. Ideal dietary fibers must meet the following requirements: not contain any components harmful to health; be highly concentrated to maximize the positive effect; have no taste, unpleasant odor, color or texture; have a balanced content of soluble and insoluble fibers; contain biologically active components; do not change the properties of the product to which they are added and at the same time be characterized by a long shelf life; harmoniously fit into the production process (technological process); have the expected health effect⁸. Dietary fibers such as inulin, carboxymethylcellulose, pectin, and others have become widely used in the production of dairy products, where they are used to improve the texture and organoleptic characteristics, increase water-holding capacity, reduce syneresis, as well as increase the nutritional value of products and achieve a health effect. In light of current trends in the food industry, such as food safety control, efficient use of raw materials and waste minimization, the future of dietary fibers, and especially functional dietary fibers, looks quite promising. The rational use of secondary raw material processing products is a primary research goal of many scientific centers, because these raw materials can be successfully converted into functional food ingredients⁹.

At the same time, the development, implementation and use of multifunctional food additives/ingredients may be accompanied by a number of problems. First, this is the cost of obtaining modified food polysaccharides. Second, the high gelling and thickening ability of hydrocolloid stabilizers, which is an obstacle to their use as dietary fibers or milk fat substitutes, since to perform the latter functions it is necessary to use much higher concentrations of the corresponding food polysaccharides. Third, there is a lack of information on certain characteristics of food polysaccharides, in particular regarding molecular weights and distribution of carboxyl residues, which does not allow drawing correct conclusions about the relationship between their structure and changes in the product matrix. Fourth, the issue arises of developing and implementing methods for controlling the content of food polysaccharides in food products.

⁸ Гігієна харчування з основами нутриціології : підручник : у 2 кн. / Т. І. Аністратенко, Т. М. Білко, О. В. Благодарова та ін. ; за ред. В. І. Ципріяна. Київ : Медицина, 2007. 528 с

⁹ Крапивницька І. О., Перцевой Ф. В., Омельчук Є. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 314 с.

The use of food additives is regulated in accordance with the Law of Ukraine “On the Safety and Quality of Food Products”, however, it is worth noting that to date, an effective mechanism for comprehensive control of their production and use has not been created. In addition, for effective scientific communication and solving technological problems, the issues of terminology, classification and legislative regulation of food Pectin and pectin-containing substances have gained significant use in various sectors of the national economy, in particular^{10, 11, 12}. For technical purposes – in the production of D-galacturonic acid; in geology in the production of pectin glue; in the textile industry for fabrics; in foundry production as an additive to molding mixtures; in printing for fixing printing materials; in the metalworking industry for hardening parts; In food products it is used as a gelling agent, emulsifier and stabilizer; In medicine and pharmacy for preventive and therapeutic purposes in various diseases (digestive organs, infectious, diabetes mellitus, polyarthritis, etc.), a structural unit of drugs and a radioprotector. The use of the target component depends on the nature, method of production, molecular weight and degree of esterification. In this regard, methods for deesterification of highly esterified pectins are being developed.

Functions of food in the process of human life: energy: providing the body with energy by releasing it in the process of nutrient metabolism; plastic: providing the body with plastic substances for building the body; immunoregulatory: ensuring the body's ability to resist the action of harmful factors; motivational and signaling: regulation of food motivation (appetite); adaptive and regulatory: regulation of the activity of body systems (digestion, excretion, thermoregulation); bioregulatory: regulation of metabolic processes with the participation of enzymes and hormones; rehabilitation: normalization of body functions due to the therapeutic and prophylactic action of essential nutrients. The development of modern traditional technologies for processing plant raw materials leads to a decrease in dietary fiber in it. For example, increasing the grade of flour is accompanied by a decrease in physiologically valuable ingredients, including dietary fiber. In accordance with the recommendations of FAO/WHO, a product containing dietary fiber in the amount of 3g/100g of the product is considered its source, and with its content of 6g/100g – enriched. Today, various approaches to enriching products with

¹⁰ Nazarenko I., Bernyk I. Dedov O., Bondarenko, Zapryvoda A., Nazarenko M. Research of the processes of acoustic cavitation technology for processing dispersed media. Dynamic processes in technological technical systems : monograph. Kharkiv : PC Technology Center, 2021. P. 94–109.

¹¹ Луговський О. Ф., Берник І. М. Теоретичне обґрунтування доцільності використання ультразвукових кавітаційних технологій у технологічних процесах. *Техніка будівництва*. 2011. 26. С. 52–59.

¹² Берник І. М. Дослідження в'язкості дисперсних середовищ в умовах їхньої інтенсивної обробки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. 1 (100). С. 62–67.

dietary fiber have been developed. One of them is the preservation of the native properties of the products, that is, the use of raw materials containing dietary fiber in full. Most often, this method involves the use of whole, crushed, extruded, whole-ground or flattened grains of various cereals (wheat, rye, triticale, barley, millet, etc.). This method is well implemented for the manufacture of bakery products, flour confectionery. Another method of enrichment is the addition of secondary products of processing plant raw materials with a high content of dietary fiber. Such sources of dietary fiber are vegetable, cereal, fruit additives, cereal bran. This method is used to enrich flour products, beverages, and meat products. Another promising way to enrich products is to introduce dietary fiber preparations. They are obtained by isolation from cereals, secondary products of plant raw materials processing, microbial synthesis, etc. Examples include cellulose preparations and their derivatives, pectins, microbial polysaccharides (xanthan, enposan). When creating a product enriched with dietary fiber, special attention is paid to the technological properties of additives, as this may require correction of the recipe and other parameters of the technological process. The choice of the stage of additive introduction is important. For example, pectins and gums used as separate preparations or as part of fruit and vegetable raw materials have the properties of structure stabilizers and thickeners. They are introduced mainly at the stages of product structure formation. This allows, in addition to obtaining a physiological effect, to significantly reduce the amount of some raw materials (sugar, eggs, butter, etc.), which, in addition, leads to a decrease in the calorie content of the product. Cereal bran and meal, which have a high water absorption capacity, are added in significant quantities during the manufacture of various products – from 5 to 25%. This, of course, affects the structural and mechanical properties of semi-finished products and the finished product and requires, in most cases, correction of the recipe amount of moisture¹³, see Figure 2.

4. Waste-free, environmentally friendly technology for the production of pectin concentrate

A pressing issue today is the development and implementation of advanced technologies for the processing and use of secondary raw materials using physical and mechanical methods of processing raw materials. The use of mechanical vibrations in the ultrasonic range is of considerable interest^{14, 15}.

¹³ Капрельянц Л. В., Юргачова К. Г. Функціональні продукти : монографія. Одеса : Друк, 2003. 312 с.

¹⁴ Пересічний М. І. Харчування людини і сучасне довкілля : теорія і практика : монографія / М. І. Пересічний, В. Н. Корзун, М. Ф. Кравченко, О. М. Григоренко. Київ : КНТЕУ. 2003. 322 с.

¹⁵ Нутриціологія / під ред. Н. В. Дуденко. Харків : Світ книг. 2013. 560 с.

APPLICATION OF POLYSACCHARIDES IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOODS

Polysaccharides are complex carbohydrates composed of long chains of monosaccharide units. They are widely used in functional foods for their nutritional, technological and health-promoting properties.



CONCLUSION

Polysaccharides are versatile, safe and effective ingredients that play a key role in the development of functional foods. Their technological functionality and health benefits make them essential for innovative and sustainable food production.

Fig. 2. Polysaccharides in functional products

Pectin production is an important integral component of the food, pharmaceutical and chemical industries. At the same time, the technique and technology of its production, which should be oriented towards environmental friendliness and versatility, are not sufficiently developed^{16, 17}. In this regard, the task of developing highly efficient, energy-saving and environmentally friendly processes and equipment that allow realizing the advantages of using ultrasound to obtain pectin from plant raw materials, in particular apple pomace¹⁸, becomes relevant. Based on research and improvement of ultrasonic cavitation processing processes of apple raw materials, schemes for waste-free, environmentally friendly and energy-saving production are proposed. The optimal modes of the proposed technologies were established and their hardware design was improved¹⁹. The extraction of pectin from pectin-containing raw materials includes the stages of grinding, washing, swelling and pressing of pectin-containing raw materials, dispersion-extraction, separation of solid and liquid phases and concentration. Dry apple pomace 1–2 mm in size, 8% humidity is washed in water at a temperature of 25–45 °C and a hydromodulus of 1:15 for 30 days, after which the water is separated from the washed raw materials and pressed to a dry matter content of 12–14%. The prepared raw material is mixed with water in a ratio of pomace and water 1:5–1:15, heated to a mixture temperature of 40–50 °C and fed into an ultrasonic cavitation apparatus for the stage of continuous extraction of pectin from it. Dispersion of protopectin and extraction of water-soluble pectin are performed in an ultrasonic field with the following process parameters: intensity 5–10 W/cm², duration 45–60 food fibers. Next, the mixture is sent for separation, i.e. separation of the extract from the spent pomace. The separated extract is evaporated and packaged. The advantages of the proposed technology are: improving the method of obtaining pectin and simplifying the process by using ultrasonic cavitation treatment of raw materials, avoiding the use of acids or bases at the stage of extracting the key component from the raw materials, environmental friendliness and safety while maintaining a high yield and quality of the target component, and the

¹⁶ Берник І. М., Кутняк М. М., Коц І. В. Віброекстрактори з гідроімпульсним приводом для застосування в робочих процесах систем «тверде тіло – рідина». *Продовольчі ресурси*. 2019. 12. С. 16–24.

¹⁷ Дейниченко Г. В., Мирончук В. Г., Гузенко В. В., Мазняк З. О. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів : монографія. Харків : Факт, 2016. 176 с.

¹⁸ Целень Б., Гоженко Л., Радченко Н., Іваницький Г. Використання кавітаційних ефектів в процесах екстрагування. *Scientific Works*. 2020. 84 (1). С. 92–97.

¹⁹ Луговський О. Ф., Шульга А. В., Берник І. М., Гришко І. А., Мовчанюк А. В., Зілінський А. І. Ультразвукові технологічні процеси. Розпилення та екстрагування : монографія. Вінниця : Видавець ФОП Кушнір Ю.В. 2022. 288 с.

possibility of further using spent pomace for the production of products with a high content of dietary fiber²⁰.

One of the most important properties of pectin is the ability to form gels, which is due to their chemical structure, the peculiarity of which is the trans-position of hydroxyl groups at the second and third carbon atoms of anhydrogalacturonic acid, which creates the possibility of forming intermolecular bridges, limited flexibility of molecules due to the existence of 1,4-trans-diaxial bonds between monomers, as well as the presence of dry dissolved substances, pH and calcium. Since the pectin presented in the material samples is highly esterified, the determination was carried out in the pectin-sugar acid system. According to the data, the gelation index is within 47–53 kPa. It should be noted that it depends on the intensity of sound, which is also confirmed by the indicators of the degree of esterification. The highest indicator is possessed by pectin obtained by ultrasonic treatment of apple pomace with an intensity of 5 W/cm². According to the distribution of highly methoxylated pectins by modifications, the mentioned samples obtained at an intensity of 5 W/cm² corresponded to the values of a fast-setting additive (SM 70–80%), and 7–10 W/cm² – to an average one. The obtained data indicate the possibility of using the extracted pectin as a gel-forming agent in the production of jelly confectionery products. Pectic substances have the ability to complex, which is based on free carboxyl groups, as well as a specific cooperative interaction of pectin molecules with ions of heavy and radioactive metals. The ability of apple pectin extract obtained during processing in an ultrasonic field at an intensity of 5, 7 and 10 W/cm² to complex with lead salts was studied. Effect of ultrasound intensity on the complexing ability of pectin extracts (pectin content 5 g per 100 g of extract) Analysis of experimental data on the determination of complexation of apple pectin extract with a pectin content of 5 g per 100 g of extract shows that the indicator increases with increasing ultrasound intensity, reaching the highest value of 14 mg Pb²⁺/g at an intensity of 10 W/cm². Studies of the interaction of pectin with metals were carried out in a weakly acidic medium (extract pH 5.5–6.5), which corresponds to the most intensive process and is consistent with literature data. The value of the complexing ability of pectin extracts (pectin content 35%) varies within the range of 87–107 mg Pb²⁺/g. The comparative ability of pectin extracts to sorb lead ions shows that the selectivity increases with the concentration of pectin.

The complexing ability increases in proportion to the content of pectin substances and reaches the highest values from pectin extract to pectin

²⁰ Берник І. М., Луговський О. Ф., Лобань Ю. М. Модель управління технологічним процесом ультразвукового кавітаційного вилучення пектину з рослинної сировини. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2011. 1 (61). С. 133–137.

preparations. Apple pectin extract obtained using ultrasound has high sorption and detoxification properties^{21, 22}. It can be widely used for the prevention of chronic occupational poisoning, in the nutrition of workers with unhealthy working conditions, in places of radioactive environmental aggression, as well as in preventive nutrition in the treatment of foodborne diseases with varying degrees of pronounced autointoxication in workers exposed to heavy metal salts in production. Thus, a technological scheme for the production of pectin concentrate using ultrasonic cavitation technologies at the stage of dispersion-extraction of protopectin has been proposed, which, compared to typical ones, has a number of advantages: simplification of the process, use of softened water as an extractant, use of spent pomace as dietary fiber, environmental cleanliness and safety of production. At the same time, the indicators of gelling and complexing ability of the obtained pectin extracts confirm their high quality and the possibility of using them in various sectors of the national economy. By changing the processing parameters, in particular the intensity of the ultrasonic field, it is possible to influence the value of these indicators.

Pectins are a group of high-molecular polysaccharides that are part of the cell walls and intercellular structures of plants along with cellulose, hemicellulose, and lignin. The largest amount of pectic substances is found in fruits and root crops. Pectins are obtained from apple pomace, beet, sunflower baskets, and citrus fruits. There are insoluble pectins (protopectin), which are part of the primary cell wall and intercellular substance, and soluble pectins, such as those contained in the cell sap. During ripening and storage of fruits, insoluble forms of pectin are converted into soluble forms, which is associated with the softening of fruits during ripening and storage. The conversion of insoluble forms of pectin into soluble forms occurs during heat treatment of plant products^{23, 24}.

Pectic substances are able to form gels in the presence of acid and sugar, which is why they are used as gelling agents for the production of marmalade, pastilles, jellies and jams, as well as in baking and cheese making. Non-starch polysaccharides are not digested by enzymes found in the gastrointestinal tract.

²¹ Берник І. М., Луговський О. Ф., Мовчанюк А. В. Ультразвукова кавітаційна технологія для екстрагування рослинного матеріалу та обладнання для її реалізації. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2011. 3 (63). С. 86–91.

²² Луговський О. Ф., Берник І. М. Виробництво пектинового концентрату з використанням ультразвукових кавітаційних технологій. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки»*. 2011. 9. С. 159–163.

²³ Пересічний, М. І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення : монографія. Київ : Київський національний торговельно-економічний університет. 2008. 718 с.

²⁴ Технологія харчових продуктів функціонального призначення : монографія / В. В. Мазаракі, М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко, П. О. Карпенко; за ред. М. І. Пересічного. 2-е вид., доп. та перероб. Київ : Київський національний торговельно-економічний університет, 2012. 1116 с.

However, they are not considered as ballast and useless food substances, but as those that are important for the normal function of the gastrointestinal tract and the prevention of many human diseases. Pectic substances are found in food products, e.g. fruits, vegetables. The name comes from the Greek “pectos” – gelatinous, solidified. Due to the property of forming jelly-like products, it is used in the production of confectionery, fruit jellies, marmalades, jams. Pectin is a group of dietary fibers, has detoxifying properties – a very interesting physiological feature – swells, binds ions of heavy metals, radionuclides and removes them from the body. These properties of pectin make it possible to use them as a valuable additive in the production of food products for therapeutic and prophylactic purposes. For modern conditions of environmental and food pollution – this is a wonderful wealth of vegetables! The preventive norm of pectin for an average resident of Ukraine should be 2–4 g per day, and in severe conditions of pollution – up to 10 g.

HEALTH BENEFITS OF POLYSACCHARIDES

- Digestive Health improved intestinal motility; prevention of constipation;
- Cholesterol Reduction β -glucans help lower LDL cholesterol;
- Blood Sugar Regulation Certain fibers reduce glucose absorption;
- Immune Support Fungal and oat β -glucans stimulate immunity;
- Antioxidant Activity Some polysaccharides demonstrate antioxidant properties.

5. Modern biotechnological applications

Modern food biotechnology uses polysaccharides for: microencapsulation; probiotic protection; edible films and coatings; controlled release systems; biodegradable packaging. MODERN TRENDS: clean label products, plant-based foods, prebiotic nutrition, low-fat products, vegan functional foods, sustainable biopolymers. Polysaccharides are essential functional ingredients widely used in modern food technology. Their nutritional, technological, and physiological properties make them valuable components in the development of functional foods aimed at improving human health and food quality.

Preservation and consolidation of people's health is an important task of every civilized state. Nowadays, it has been scientifically established that the health of a nation depends on the health care system by only 8–12%, while socio-economic conditions, including diet, determine the state of health by 52–55%. The results of regular studies of the actual nutrition of the population, conducted by the Institute of Cardiology, as well as the Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine in different regions of Ukraine, indicate significant violations in the diet: excessive consumption of

animal fats and easily digestible carbohydrates, which leads to an increase in the number of people with various forms of obesity and excess body weight; lack of omega-3 polyunsaturated fatty acids and complete (animal) proteins; lack of vitamins (groups B, A and C, D) and minerals, especially calcium, iron, magnesium, zinc, iodine and selenium. Among the reasons for insufficient consumption of macro- and micronutrients, such factors as: monotony of the diet, which means that a person consumes a standard set of several main groups of products and ready-made dishes; increased consumption of refined, high-calorie, but low in vitamins and minerals, such as premium flour, bread, pasta, confectionery, sugar, etc.; increased proportion of products in the diet that have been canned, long-term stored, and intensively processed; these include canned and reconstituted juices, jams, and preserves, in which a greater proportion of vitamins is lost; the use of intensive methods of growing plants and animals, which leads to a change in their chemical composition, including a decrease in the content of biologically active substances.

The following also contribute to an unbalanced diet: low purchasing power of the population; low level of food culture, including the lack of knowledge among the majority of the population about the benefits of individual food components; bad eating habits (excessive consumption of fatty foods, smoked foods).

It is not possible to solve these problems by increasing the calorie content of the diet, as this leads to an increase in the number of calories consumed, which is unacceptable with insufficient physical activity and physical inactivity. Therefore, it is necessary to develop and master new technologies and food recipes.

The technical process in the food industry became possible thanks to new technological opportunities that arose as a result of the development of science, engineering and technology. All this contributed to the development of the science of nutrition with a gradual transition from the theory of rational nutrition (1930) to the theory of balanced nutrition (1964), then to the theory of adequate (1987) and ideal nutrition (1991) and further to the theory of functional or healthy nutrition (1998).⁶ Currently, products with functional ingredients make up no more than 3% of all known food products. According to forecasts for the next decade, their share will reach 30–50% of the entire food market. More and more products are being produced, enriched with vitamins, trace elements and other substances necessary for human health. Already now, 90% of all consumers believe that nutrition plays a key role in the prevention of diseases, and 60% of them already consume fortified foods. On the Ukrainian market, products with functional ingredients are dominated by mass-market products, the main characteristics of which are natural and balanced composition.

CONCLUSIONS

The functional food market is a dynamic and promising industry that continues to develop actively. In Ukraine, there is a gradual increase in interest in healthy eating, but for further development, comprehensive measures are needed from the state, business, and the scientific community. The main areas of further development include: improving production technologies to ensure high quality products; expanding the range of functional products in accordance with modern consumer needs; introducing environmental standards and the concept of waste-free production; active use of international certification systems to increase the competitiveness of Ukrainian products. Thus, functional food plays a key role in the formation of a healthy nation, contributing to the improvement of the quality of life of the population and the sustainable development of the food industry.

Functional products must meet the following requirements: be natural; have the appearance of ordinary food, i.e. not be produced in such dosage forms as tablets, capsules, powders; be taken orally, i.e. as ordinary food; be beneficial for health, while the beneficial qualities must be scientifically substantiated, and the daily doses must be approved by specialists; be safe from the point of view of a balanced diet; do not reduce the nutritional value of food products; have established values of physicochemical indicators and accurate methods for their determination.

Functional products are intended: to compensate for the deficiency of biologically active components in the body; maintain normal functional activity of organs and systems; reduce the risk factors of any disease, for example, return to normal cholesterol levels; maintaining beneficial microflora in the human body, maintaining normal functioning of the gastrointestinal tract.

The modern concept of healthy eating is based on the following main principles: to minimize the amount of pollutants (toxic elements, radionuclides) entering the body with food; control over the sorption and accumulation of pollutants in the body; adherence to the principle of balanced nutrition; introduction into the daily diet of concentrated products that promote health, with the functional ingredient of dietary fiber (which has detoxifying properties). The best way to produce functional products for special nutrition is to use processed raw materials of natural origin, which have no side effects on the human body, but have a fairly pronounced effect of binding various pollutants. A typical example is dietary fiber.

The presence of carboxyl groups in hemicellulose and pectin substances of dietary fibers, carboxyl and amino groups in proteins and phenolic hydroxyl groups in lignin determine their ability to bind cations, affect mineral metabolism in the digestive tract, bind toxic elements and radionuclides into insoluble

complexes that are not absorbed and are excreted from the body. Dietary fiber is a natural food component that is resistant to the action of enzymes, is not digested by endogenous secretions of the human gastrointestinal tract and is not absorbed in the small intestine, affecting the processes of digestion and absorption of nutrients. It is characteristic that it is resistant to the action of glycolytic enzymes. In the large intestine, dietary fiber is partially hydrolyzed by the existing microflora. Dietary fiber can be used as technological additives that change the structure and chemical properties of food products, as well as functional ingredients that have a positive effect on both individual systems of the human body and the entire body as a whole. Products enriched with dietary fiber include primarily bakery, pasta, culinary and confectionery products, drinks, desserts and snacks. The recommended dietary fiber intake is 20 g/day. In case of colon dysfunction, the amount of fiber in the diet should be increased.

SUMMARY

One of the most important and most difficult tasks is to provide the population of the globe with food. Being one of the most important environmental factors, nutrition from the moment of birth to the very last day of a person's life affects his body. The ingredients of food substances, entering the human body with food and transforming during metabolism as a result of complex biochemical transformations into structural elements of cells, provide our body with plastic material and energy, create the necessary physiological and mental performance, determine the health, activity and lifespan of a person, his ability to reproduce. Therefore, the state of nutrition is one of the most important factors determining the health of the nation.

Food products should not only satisfy human needs for basic nutrients and energy, but also perform preventive and therapeutic functions. According to the Institute of Nutrition, the majority of the population of Ukraine has nutritional disorders caused by both insufficient consumption of nutrients and a violation of the nutritional status of the population of Ukraine, primarily a lack of vitamins, macro- and microelements, complete proteins, and their irrational ratio. The most important violations of the nutritional status of the population of Ukraine are excessive consumption of animal fats deficiency: of polyunsaturated fatty acids; of complete (animal) proteins; of vitamins (ascorbic acid, riboflavin (B2), thiamine, folic acid, retinol (A) and (β-carotene, tocopherol and others); of minerals (calcium, iron); of microelements (selenium, zinc, iodine, fluorine); of dietary fiber.

Poor nutrition can lead to obesity, diabetes, pancreatitis and cause "hidden hunger". The trend towards a decrease in carbohydrate consumption has contributed to the development of the use of resistant starch (RS) in

food production. Resistant starches are a source of functional fiber, play an important role in the physiology of digestion and are considered prebiotics. Products made with resistant starch have a low glycemic index. In addition, resistant starches have a positive effect on the function of the gastrointestinal tract, microflora and blood cholesterol levels, reduce the risk of colon cancer and diabetic diseases. Adding resistant starch to the human diet increases the number of lactobacilli and bifidobacteria. Thus, resistant starch is a promising functional food ingredient. Most starches are completely digested and broken down to glucose in the small intestine, which is then absorbed into the bloodstream. Resistant starch cannot be fermented in the small intestine, so it enters the large intestine, where it becomes a highly valuable food for anaerobic (oxygen-free) microflora, where it undergoes microbial fermentation to produce short-chain fatty acids, carbon dioxide, hydrogen, and methane. Resistant starch is a starch that can resist enzymatic hydrolysis in the human gastrointestinal tract due to its amylose to amylopectin ratio, crystallinity type, granule size, starch-protein interactions, formation of amylose-lipid complexes, and reverse-gradient starch content. According to the European Commission, the energy value of: resistant starch is 2 kcal/g, wheat starch is 3.44 kcal/g, potato starch is 3.57 kcal/g, corn starch is 3.81 kcal/g. Starch is fermented by the colonic microflora, producing short-chain fatty acids, increasing the number of beneficial bacteria and stimulating butyrate-producing bacteria, thereby benefiting human health. This leads to the formation of carboxylic acids, such as acetic, propionic and butyric acids. Butyric acid is a source of energy for the cells of the colonic mucosa. The carboxylic acids are absorbed by bacteria living in the lower intestine and are beneficial for prebiotics, i.e. the natural microflora of the human intestine. The physiological functionality of resistant starch is similar to that of dietary fiber. Resistant starch improves colon health and increases bowel movements. Compared to dietary fiber, resistant starch promotes the formation of butyrate and improves colon and rectal function. In addition, resistant starch affects metabolism by lowering blood glucose levels and promotes weight loss. As a result, resistant starch is classified as a prebiotic and acts as a substrate for the microflora of the gastrointestinal tract. The most important physiological action of resistant starches in the colon is enzymatic metabolism. Fermentation of polysaccharides provides energy that promotes the growth of bacterial microflora and the formation of inert gases (CO_2 , methane and hydrogen) and short-chain fatty acids (which reduce the risk of cancer cell growth). Some types of resistant starches are excreted from the body mainly unchanged.

Bibliography

1. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини : монографія. Національний університет харчових технологій. Київ : Академперіодика, 2011. 487 с.
2. Остапченко Л. І., Андрійчук Т. Р., Бабенюк Ю. Д., Войціцький В. М., Давиденко А. В., Рибальченко В. К., Скопенко О. В. Біохімія : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 796 с.
3. Олійніченко О. В., Жукова Я. Ф., Копилова К. В. Класифікації харчових полісахаридів за хімічною природою та функціональним призначенням у молочних продуктах. *Продовольчі ресурси*. 2016. 6. С. 181–193.
4. Луговський О. Ф., Берник І. М. Ультразвукові кавітаційні апарати для реалізації екологічно безпечної технології вилучення пектину з вторинної рослинної сировини. *Вісник Національного технічного у-ту України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування*. 2010. 58. С. 82–86.
5. Луговський О. Ф., Берник І. М. Ультразвуковий кавітаційний екстрактор для рідинно-дисперсних середовищ. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. 37. С. 348–352.
6. Снежкін Ю. Ф., Шапар Р. О. Тепломасообмінні технології 296 переробки пектиновмісної сировини : монографія. Київ : СІК ГРУП Україна, 2018. 228 с.; Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія. / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.
7. Даценко А. О. Способности пектинов к студнеобразованию. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. 7–8. С. 56–58.
8. Гігієна харчування з основами нутриціології : підручник : у 2 кн. / Т. І. Аністратенко, Т. М. Білко, О. В. Благодарова та ін. ; за ред. В. І. Ципріяна. Київ : Медицина, 2007. 528 с.
9. Крапивницька І. О., Перцевой Ф. В., Омельчук Є. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 314 с.
10. Nazarenko I., Bernyk I. Dedov O., Bondarenko, Zapryvoda A., Nazarenko M. Research of the processes of acoustic cavitation technology for processing dispersed media. Dynamic processes in technological technical systems : monograph. Kharkiv : PC Technology Center, 2021. P. 94–109.
11. Луговський О. Ф., Берник І. М. Теоретичне обґрунтування доцільності використання ультразвукових кавітаційних технологій у технологічних процесах. *Техніка будівництва*. 2011. 26. С. 52–59.

12. Берник І. М. Дослідження в'язкості дисперсних середовищ в умовах їхньої інтенсивної обробки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. 1 (100). С. 62–67.
13. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти : монографія. Одеса : Друк, 2003. 312 с.
14. Пересічний М. І. Харчування людини і сучасне довкілля : теорія і практика : монографія / М. І. Пересічний, В. Н. Корзун, М. Ф. Кравченко, О. М. Григоренко. Київ : Київський національний торговельно-економічний університет. 2003. 322 с.
15. Нутриціологія / під ред. Н. В. Дуденко. Харків : Світ книг. 2013. 560 с.
16. Берник І. М., Кутняк М. М., Коц І. В. Віброекстрактори з гідроімпульсним приводом для застосування в робочих процесах систем «тверде тіло – рідина». *Продовольчі ресурси*. 2019. 12. С. 16–24.
17. Дейниченко Г. В., Мирончук В. Г., Гузенко В. В., Мазняк З. О. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів : монографія. Харків : Факт, 2016. 176 с.
18. Целень Б., Гоженко Л., Радченко Н., Іваницький Г. Використання кавітаційних ефектів в процесах екстрагування. *Scientific Works*. 2020. 84 (1). С. 92–97.
19. Луговський О. Ф., Шульга А. В., Берник І. М., Гришко І. А., Мовчанюк А. В., Зілінський А. І. Ультразвукові технологічні процеси. Розпилення та екстрагування : монографія. Вінниця : Видавець ФОП Кушнір Ю.В. 2022. 288 с.
20. Берник І. М., Луговський О. Ф., Лобань Ю. М. Модель управління технологічним процесом ультразвукового кавітаційного вилучення пектину з рослинної сировини. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2011. 1 (61). С. 133–137.
21. Берник І. М., Луговський О. Ф., Мовчанюк А. В. Ультразвукова кавітаційна технологія для екстрагування рослинного матеріалу та обладнання для її реалізації. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2011. 3 (63). С. 86–91.
22. Луговський О. Ф., Берник І. М. Виробництво пектинового концентрату з використанням ультразвукових кавітаційних технологій. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки»*. 2011. 9. С. 159–163.
23. Пересічний М. І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення : монографія. Київ : Київський національний торговельно-економічний університет. 2008. 718 с.

24. Технологія харчових продуктів функціонального призначення : монографія / В. В. Мазаракі, М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко, П. О. Карпенко ; за ред. М. І. Пересічного. 2-е вид., доп. та перероб. Київ : Київський національний торговельно-економічний університет, 2012. 1116 с.

Information about the authors:

Kichura Dariia Bohdanivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of organic substances

Lviv Polytechnic National University

12, Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

Sobechko Iryna Borysivna,

Doctor of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of physical,

analytical and general chemistry

Lviv Polytechnic National University

12, Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES
OF HEALTH-PROMOTING FLOUR
CONFECTIONERY PRODUCTS**

Kravchenko M. F., Romanovska O. L., Danyliuk I. P.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-11>

INTRODUCTION

According to the World Health Organization, maintaining a healthy lifestyle, in which nutrition plays a decisive role, is one of today's most pressing issues. Psychological stress, low physical activity, unsatisfactory quality of food products, as well as global crisis phenomena, including pandemics and military conflicts, lead to weakened immunity and an increase in nutrition-related diseases, particularly alimentary-dependent disorders such as obesity, diabetes, cardiovascular diseases, and metabolic disorders.

Modern living conditions have resulted in an increasing number of people suffering from gluten intolerance and celiac disease, a chronic genetically determined disorder characterized by persistent intolerance to cereal proteins with the development of small intestinal mucosal atrophy and associated malabsorption syndrome. According to the Ukrainian Celiac Disease Association, approximately 2.000 people in Ukraine suffer from this disease, and their number increases annually, corresponding to the global tendency of diagnosing celiac disease in approximately 1 out of 133 individuals¹. Gluten may negatively affect not only individuals with allergies but also healthy people, causing digestive disorders such as diarrhea, heartburn, and flatulence.

As world experience demonstrates, solving the problem of correcting dietary patterns is almost impossible solely through increasing production and expanding the assortment of traditional food products. A modern trend in food technologies is the development of alternative approaches, particularly the production of foods with enhanced nutritional value, including health-promoting flour confectionery products capable of positively influencing metabolic processes, stimulating the body's protective functions, and satisfying

¹ Губська О. Ю., Денесюк О. Р. Целиакія: фокус на прихильність до безглютенової дієти. Аналітичний огляд літератури. *Сучасні аспекти військової медицини. Current Aspects of Military Medicine*. 2022. № 29. С. 54–69 <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2022-29-5>

the needs of people with special dietary requirements, including individuals with celiac disease and gluten intolerance.

The development of innovative technologies for flour confectionery products has been studied by domestic and foreign researchers, including A. M. Dorokhovych, V. V. Dorokhovych, V. I. Drobot, M. F. Kravchenko, M. I. Nazar, O. V. Samokhvalova, N. I. Cherevychna, A. M. Chuiko, O. H. Shydakova-Kameniuka, Arogba Sunday S., Haq Anwarul, and Camille Boucher.

Flour confectionery products, particularly sponge and choux products, account for more than 10% of the flour confectionery market and possess high sensory qualities; however, they are characterized by high contents of sugar and fat. The main formulation component of traditional products is premium wheat flour containing gluten, during the production of which the outer grain shell rich in vitamins, minerals, and dietary fiber is removed. This limits the consumption of such products by people with celiac disease and reduces their nutritional value for the general population.

The search for alternative domestic raw materials that are natural sources of biologically active substances and capable of positively affecting the human body, while also enabling the production of gluten-free products, is highly relevant. Such raw materials include:

- “*Zdorovia*” *flour*, produced from grain germinated in a sea salt solution containing a wide spectrum of macro- and micronutrients, including organic iodine²;

- *carob powder*, obtained from carob tree pods as a cocoa substitute, allowing reduction of sugar content and glycemic index in finished products;

- *rice flour*, a gluten-free alternative to wheat flour rich in carbohydrates, with low fat content and high digestibility;

- *other gluten-free flours* (buckwheat, corn, sorghum, amaranth), enabling the production of products for people with celiac disease.

The gluten-free products market in Ukraine is currently developing and is mainly represented by imported products. Domestic manufacturers predominantly belong to the small business sector, and only nine Ukrainian companies possess the “Crossed Grain” gluten-free certification mark. Therefore, the development of national production of gluten-free products and foods with enhanced nutritional value is essential to meet growing consumer demand³.

² Криворучко М. Ю. Технологія борошняних кулінарних виробів на основі пророщеного зерна пшениці : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16. Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2014. 21 с.

³ Ринок безглютенових продуктів: великий потенціал поки ще сплячої потреби. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/rinok-bezglutenovihproduktiv-velikij-potencial-poki-se-splacoi-potrebi>

The development of technologies for health-promoting flour confectionery products using germinated wheat flour, carob powder, rice flour, and other gluten-free flours requires studying their technological properties, substantiating rational concentrations, and determining their influence on the quality of finished products.

Considering the above, scientific substantiation and development of technologies for flour confectionery products with enhanced nutritional value and specialized gluten-free products constitute an important scientific task.

1. Scientific substantiation and development of technologies for flour confectionery products based on alternative raw materials

The health status of the Ukrainian population is closely related to nutrition, which currently requires significant correction and improvement. Modern global changes, rapid urbanization, and the war in Ukraine have substantially affected every citizen. In particular, military actions have caused physical and psychological stress, depression, changes in eating habits, and a general deterioration in public health⁴.

In order to improve nutrition and public health, researchers are developing innovative food technologies and enhancing the nutrient composition of traditional flour confectionery products, especially sponge and choux pastry products, while also creating gluten-free alternatives for individuals with celiac disease⁵.

Traditional flour confectionery products contain high amounts of sugar and flour and may also include starch, cocoa powder, and dairy ingredients. Therefore, the production of flour confectionery products involves solving several important technological and nutritional issues related to:

- increasing nutritional value;
- developing gluten-free alternatives for individuals with celiac disease;
- using raw materials possessing a wide range of technological properties;
- improving organoleptic and structural-mechanical characteristics;
- intensifying technological processes;
- extending shelf life;
- reducing the glycemic index of products.

A promising direction for expanding the assortment of nutritionally enriched flour confectionery products is the incorporation of alternative types of flour alongside or instead of wheat flour. These include amaranth, buckwheat, rice, corn (including extruded corn flour), sorghum, barley, rye, and flour

⁴ Непереносимість глютену: причини та корисні поради. URL: <https://apteka.net.ua/articles/nepereunosymist-hlyutenu-prychyny-ta-korysni-porady>

⁵ Губська О. Г. Целиакія. Про проблеми діагностики і лікування цієї хвороби в Україні. *Харчова та переробна промисловість*. 2008. № 7. С. 24–26.

produced from germinated grains. Such ingredients make it possible to create new products with improved chemical composition and gluten-free products intended for specialized nutrition^{6, 7, 8, 9}.

The analysis of scientific literature and patent sources demonstrates that both in Ukraine and abroad, germinated grains and flour derived from them, as well as gluten-free flour types, are widely used in various sectors of food production. Grain germination enables manufacturers to obtain raw materials or ready-to-consume products with improved consumer properties. The use of alternative flour types contributes to enhanced nutritional value and broadens the assortment of health-promoting flour confectionery products^{10, 11, 12, 13, 14}.

One of the plant-based ingredients commonly included in confectionery formulations is cocoa powder. According to the Order “On Approval of Requirements for Cocoa and Chocolate Products”, cocoa powder is defined as a food product obtained by grinding roasted cocoa beans from cocoa shells into powder, containing not less than 20% cocoa butter on a dry matter basis and not more than 9% moisture.

In confectionery technology, not only the fat content but also the color of cocoa powder plays an important role. To improve flavor characteristics and solubility in food products, cocoa nibs are treated with steam, sugar solutions, enzymes, organic acids, whey, or alkaline solutions, followed by roasting. Such cocoa powder is referred to as alkalized cocoa powder. However, during processing cocoa loses a considerable amount of biologically active substances, including vitamins, minerals, and polyphenolic compounds.

⁶ Одарченко Д. М., Карбівнича Т. В., Сподар К. В. Розширення асортименту безглютенових борошняних кондитерських виробів та оцінка їх якості. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2024. (1), 138–144. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.16>

⁷ Рибалка О. І. Якість пшениці і її поліпшення. Одеса, 2011. С. 363–422.

⁸ Carmen Rodriguez, J. Nana Frias. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine, and ornithine contents during the germination of peas, beans, and lentils. *Food Chemistry*, 2008. Vol. 108. Is. 1. Pp. 245–252.

⁹ Influence of soya bean preparations and reduced salt content on the quality of poultry sausages / D. Grochaalska, J. Mroczek. *Medycyna weterynaryjna*. 2001. V. 57 (1). P. 54–58.

¹⁰ Патент на корисну модель. Суміш для дитячого харчування / Соболь М. І., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Ковбаса В. М. № 97565; заявл. 05.09.2014, опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

¹¹ Здобне печиво з використанням борошна з пророщених зерен вівса та пшениці / В. Оболкіна, Н. Ємельянова, А. Скрипко. *Продовольча індустрія АПК*. 2014. № 2. С. 28–32.

¹² Wpływ jonów Fe²⁺ działający chnakielku jęcenasionasoi, lucerny razziarni akipszeni cynazawartość skrobiic ukrówredukujących / M. Zielińska-Dawidziak, D. Piasecka-Kwiatkowska, T. Twardowski. *NaukaPrzyr. Technol.* 2010. No. 4 (2). Pp. 1–8, ISSN 1897-7820.

¹³ Вплив плазмо-хімічно-активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів / С. Ю. Миколенко, О. А. Пивоваров, Ю. О. Чурсінов, В. Ю. Соколов. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 1. С. 57–63.

¹⁴ Біотехнологічні методи обробки зерна з метою покращення його поживної цінності / С. М. Кудашев, Г. Д. Лукіна. *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38 (1). С. 109–112.

From an economic perspective (the cost of 1 kg of cocoa powder reached 939 UAH as of April 2026), it is advisable to propose cocoa substitutes capable of matching the physicochemical properties and nutritional value of the original product while reducing production costs.

A promising substitute for cocoa powder is carob powder marketed under the trade name *carob*. Cocoa powder is approximately three times more expensive than carob powder, the production cost of which was 129.92 UAH as of May 2026. The carob tree (*Ceratonia siliqua*) is cultivated mainly in Mediterranean countries.

The chemical composition of carob powder depends on the cultivar, geographical origin, and harvesting time of the carob pods. Carob pods contain a high amount of sugars (48–56%), mainly sucrose, glucose, fructose, and maltose. In addition, the pods contain approximately 18% cellulose and hemicellulose, 3–4% protein, 0.4–0.8% lipids, and 16–20% tannins¹⁵.

The increasing demand for gluten-free products is explained not only by the dietary needs of people with gluten intolerance but also by growing public awareness of this issue. Since a gluten-free diet remains the only effective treatment for celiac disease, the demand for gluten-free products in the Ukrainian market continues to increase¹⁶.

Researchers are actively working on expanding the assortment of gluten-free flour confectionery products. Proposed innovative technologies include the production of various confectionery items such as sugar cookies, cakes, muffins, sponge cakes, gingerbread, and waffles using gluten-free flour types including rice, buckwheat, corn, soy, amaranth, and sorghum flour. This contributes to the development of products that meet the requirements of specialized diets and are suitable for consumers with gluten intolerance and celiac disease^{17, 18, 19, 20, 21}.

¹⁵ Ait Chitt M., Belmir, H. & Lazrak A. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier, In Bulletin mensuel d'information et de liaison du Pntta mapm/derd, 2007. 153, 1–4.

¹⁶ Горбатенко І. А., Чорна Н. В. Перспективи розширення асортименту борошняних кондитерських виробів для хворих на целиакию. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді». 8 квітня 2021 р. Ч. 1. С. 7.

¹⁷ Дорохович В. В. Безглютенові борошняні кондитерські вироби / В. В. Дорохович, Н. П. Лазоренко. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. Вип. 30. С. 341–347.

¹⁸ Безглютеновий кекс «Гречано-сочевичний»: пат. 06279 Україна : МПК А23G3/36, № 141596; заявл. 05.06.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 15.

¹⁹ Безглютеновий кекс спеціального призначення «Особливий»: пат. 07230 Україна : МПК А23G3/48, № 129878; заявл. 26.06.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 5 с.

²⁰ Кекс безглютеновий: пат. 04459 Україна : МПК А21D8/00, № 138245; заявл. 24.04.2019; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22. 4 с.

²¹ Кекс шоколадний безглютеновий: пат. 02694 Україна : МПК А21D13/047, № 144562; заявл. 04.05.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19. 4 с.

1.1. Technology of sponge cake semi-finished products based on flour blends with enhanced nutritional value

Based on the conducted analytical review of scientific and patent literature, it was established that “*Zdorovia*” flour (ZF) and carob powder (CP) possess high nutritional value due to their elevated content of proteins, dietary fiber, vitamins, and mineral compounds.

To substantiate the feasibility of using ZF and carob powder in sponge cake technology, it was considered appropriate to investigate the microstructure and rheological properties of sponge batter, as well as to determine rational technological parameters for producing sponge cake products using flour blends consisting of premium wheat flour (PWF), “*Zdorovia*” flour, and carob powder.

Sponge batter belongs to polyphase dispersed systems and represents a foam-like structure with an air-dispersed phase and a liquid dispersion medium. The dispersion medium of sponge batter is a complex heterogeneous emulsion system consisting of solutions of high-molecular compounds (egg white proteins and swollen flour colloids) and low-molecular compounds (sucrose and mineral substances of flour), emulsified egg yolk fat, and insoluble starch granules.

Flour blends were prepared using premium wheat flour and “*Zdorovia*” flour at concentrations ranging from 10% to 50%, with carob powder used as a complete substitute for cocoa powder. In experimental samples containing 10–50% ZF, the sponge batter volume increased by 0.6–6.3%; density decreased from 0.463 to 0.375 kg/m³; stability increased from 11.4×10^3 s to 19.2×10^3 s; and effective viscosity decreased by 1–18.3% compared to the control sample.

The dependence of the effective viscosity of sponge batter on shear rate within the range of 0.167 s⁻¹ to 24.3 s⁻¹ was investigated. It was established that intensive structural breakdown of the control sample occurred at a shear rate of 4.5 s⁻¹, whereas in experimental samples this process began at 8.1 s⁻¹. At a shear rate of 24.3 s⁻¹, the effective viscosity stabilized and amounted to 3.00 Pa·s for the control sample and 2.97–2.45 Pa·s for the experimental samples. These results indicate the resistance of sponge batter based on flour blends to mechanical destruction during mixing, pouring into molds, and the initial stage of baking.

The decrease in density and effective viscosity together with increased stability of the experimental samples contributed to improved quality characteristics of the baked sponge semi-finished products (Table 1).

Optimization of the formulation composition based on the criteria of effective viscosity, stability, and specific volume of sponge batter allowed

Table 1

Rheological and Physicochemical Properties of Sponge Batter

Flour blends (PWF:ZF)	Density, kg/m ³	Effective viscosity, Pa·s	Whipping capacity, %	Volume, cm ³ /g	Stability, s·10 ³
100:0 (control)	0.481±0.04	3.00±0.09	148±0.2	220±0.05	9.0±0.5
90:10	0.463±0.02	2.97±0.48	149±0.3	222±0.15	11.4±0.6
80:20	0.445±0.001	2.81±1.03	151±0.6	225±0.45	13.8±0.27
70:30	0.426±0.02	2.76±1.2	153±0.9	230±0.95	14.7±0.56
60:40	0.398±0.05	2.55±1.41	155±0.11	234±0.14	16.2±0.73
50:50	0.375±0.07	2.45±1.61	158±0.12	235±0.15	19.2±0.8

determination of the rational ratio of premium wheat flour (PWF), “*Zdorovia*” flour (ZF), and carob powder (CP) as 3.5:1.5:1.

Rheological studies of sponge batter demonstrated that in the experimental sample containing 30% ZF, effective viscosity decreased by 8%, whereas whipping capacity increased by 3.4% and stability increased by 63.3% compared to the control sample. Regularities in the formation of quality indicators of sponge batter containing “*Zdorovia*” flour were established due to the reduction of viscosity characteristics and the increase in porosity, stability, and specific volume of sponge products. This indicates improvement of structural and mechanical properties caused by reduced gluten protein content and increased dextrin concentration.

Due to the uniform distribution of air bubbles, which form the porous structure of sponge cakes during baking, the height of experimental samples was nearly 30% greater than that of the control samples. Moreover, the temperature inside the baked sponge semi-finished product (92–95 °C) was reached almost three minutes faster than in the control sample.

Sponge batter represents a weakly structured foam system consisting of a dispersion medium and a dispersed phase in the form of air bubbles. In the control sample, the dispersion medium was dominated by starch paste, whereas in the experimental sample soluble dextrans predominated. Such a medium creates favorable conditions for the uniform distribution and formation of smaller air bubbles compared to the control sample, which in turn affects important physicochemical indicators such as volume, density, effective viscosity, and stability of sponge batter.

Dextrinized starch granules of “*Zdorovia*” flour contribute to stabilization of the rheological properties of sponge batter during mixing and baking, making it possible to obtain sponge products of high quality.

1.2. Prospects for the use of gluten-free flours in the technology of flour confectionery products

One of the promising directions in the development of flour confectionery products for special dietary purposes is the use of gluten-free flours, in particular rice flour, which is a product of rice processing and is characterized by high nutritional value, easy digestibility, and the absence of gluten.

Rice flour is rich in carbohydrates (up to 80%), has a low fat content (less than 1%), contains B-group vitamins and minerals (potassium, magnesium, phosphorus), and is characterized by a neutral taste, which makes it a versatile ingredient for the production of gluten-free confectionery products. In addition, rice flour has a low glycemic index, making it suitable for people with diabetes and those who aim to control blood glucose levels²².

However, the use of rice flour in flour confectionery technology has its own specific features related to the absence of gluten, which provides dough elasticity and extensibility. To compensate for the lack of gluten, it is necessary to use structure-forming additives such as:

- guar gum;
- xanthan gum;
- psyllium (plantain seed husk);
- carboxymethyl cellulose;
- pectin.

The application of these additives makes it possible to improve the rheological properties of gluten-free dough, ensuring the required viscosity, elasticity, and the ability to form a stable structure.

Many domestic and foreign researchers are working on improving the technology of gluten-free cookies, cupcakes, and sponge cakes with the addition of guar gum and xanthan gum to enhance the properties of gluten-free dough made from rice, corn, and buckwheat flour. Studies show that one of the ways to expand the assortment of gluten-free confectionery products based on sponge cake systems is the use of sorghum flour, which is rich in dietary fiber, antioxidants, B-group vitamins, phosphorus, and plant fats beneficial for cardiovascular health.

Expanding the range of gluten-free flour confectionery products is an important step in the development of national food production. Patented utility models such as “Gluten-Free Chocolate Cupcake” and “Gluten-Free Cupcake”, which use corn and rice flour instead of traditional wheat flour,

²² Дорохович В. В. Безглютенові борошняні кондитерські вироби / В. В. Дорохович, Н. П. Лазоренко. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. Вип. 30. С. 341–347.

contribute to the creation of safe and high-quality alternatives for people with celiac disease^{23, 24}.

In addition, gluten-free cupcakes for special dietary purposes have been developed, such as the “Special” cupcake with puree from sprouted mung beans, and the “Buckwheat–Lentil” cupcake, which is characterized by increased nutritional and biological value, has a low glycemic index, and is completely gluten-free, making it recommended for people following a gluten-free diet^{25, 26}.

Thus, the use of gluten-free flours opens up broad opportunities for the creation of innovative flour confectionery products that meet the needs of various consumer groups – from individuals with celiac disease to those who aim to maintain a healthy lifestyle and control the glycemic index of their diet.

2. Technology and quality of flour-based confectionery products of health-oriented purpose

Sponge products are characterized by a high content of carbohydrates and high energy value due to the significant proportion of premium wheat flour and sugar. Based on the obtained research results, a technology and formulation of a sponge semi-finished product were developed using BZ at a concentration of 30% and complete replacement of cocoa powder with carob powder, which serves as the basis for the production of sponge confectionery products.

When developing the formulation of sponge products, the sweetness index of carob powder (0.5) was taken into account, which made it possible to reduce the sugar content by 10%.

A formulation and technology for sponge dough were developed, which include the following stages:

- mechanical culinary processing of raw materials;
- preparation of sponge dough from a flour mixture and depositing into molds;
- baking, cooling, maturation, shaping, and finishing of baked sponge semi-finished products.

Based on the baked sponge semi-finished product, formulations of sponge confectionery products were developed: “Hutsulskyi” cake, “Zakarpatskyi” roll, “Bushe” biscuits, and “Shokoladne” pastry.

²³ Кекс шоколадний безглютеновий: пат. 02694 Україна : МПК A21D13/047, № 144562; заявл. 04.05.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19. 4 с.

²⁴ Кекс безглютеновий: пат. 04459 Україна : МПК A21D8/00, № 138245; заявл. 24.04.2019; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22. 4 с.

²⁵ Безглютеновий кекс «Гречано-сочевичний»: пат. 06279 Україна : МПК A23G3/36, № 141596; заявл. 05.06.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. №4.

²⁶ Безглютеновий кекс спеціального призначення «Особливий»: пат. 07230 Україна : МПК A23G3/48, № 129878; заявл. 26.06.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 5 с.

The baked sponge semi-finished product with the flour mixture demonstrated improved porosity (71.4%), which is 2.7% higher than the control sample; the specific volume is 24.6% higher. In the baked sponge semi-finished product, the baking loss index is lower, and the staling process is slowed down (elasticity and crumbliness indicators are lower by 10.5% and 18.8% compared to the control sample) due to the high fiber content in BZ, which is capable of binding and retaining moisture more strongly, indicating improved quality of sponge products.

According to sensory evaluation results of sponge semi-finished products, a profilogram of organoleptic quality indicators was constructed, where the control sample scored 4.71 points, and the experimental sample scored 4.94 points.

Studies of the nutritional value of sponge products showed that fat content decreased by 5.2%, total carbohydrate content decreased by 7.7%, including mono- and disaccharides by 9.3% and starch by 12.4%, while dietary fiber increased by 96.9% compared to the control. The content of B-group vitamins also increased (niacin – twofold, pyridoxine – tenfold), as well as mineral elements (calcium – by 26.4%, magnesium – by 21.7%) compared to traditional sponge products. The iodine content in the experimental sample was 2.7 µg, which is 5.6 times higher than in the control. The energy value of the experimental sample decreased by 6.6%.

The glycemic index reflects the rate of carbohydrate breakdown into glucose in the blood and is an important indicator for food products intended for people with diabetes and obesity. Determination of the glycemic index of sponge products showed that it was 34.61 in the control sample and 26.20 in the experimental sample, which is 24% lower.

The baked sponge semi-finished product was stored in cardboard boxes at a temperature of 18–20 °C and relative air humidity of 70±5% for 7 days in accordance with DSTU 4460:2005. Elasticity (34.1 units), crumbliness (8.2%), and drying (3.6%) indicators were lower by 10.5%, 18.8%, and 16.3%, respectively, compared to the control sample due to the high hydrophilic capacity of BZ fiber, which confirms better storage stability.

Microbiological indicators of both control and experimental samples met the requirements of regulatory documentation. No bacteria of the *Escherichia coli* group, pathogenic microorganisms including *Salmonella* spp., as well as mold fungi and yeast were detected in the studied sponge products.

The determined toxicological indicators of the developed sponge product do not exceed permissible sanitary standards (DSTU 8001:2015), confirming the safety of the new product.

Technical specifications, technological instructions were developed for the sponge formulation with BZ and carob powder, and a utility model patent of Ukraine was obtained.

2.1. Prospects for the development of gluten-free flour-based confectionery products

The increasing number of people with gluten intolerance and celiac disease necessitates the expansion of the range of gluten-free flour-based confectionery products. One of the main methods of prevention and treatment of gluten intolerance is a gluten-free diet, which involves the exclusion of all products containing gluten from the diet, namely wheat, barley, rye, and products derived from them.

Promising directions for the development of gluten-free flour-based confectionery products include:

- 1) the use of rice flour in the technology of choux, sponge, and other types of dough with the addition of structure-forming agents (psyllium, guar gum, and xanthan gum);

- 2) the application of blends of gluten-free flours (rice, buckwheat, corn, sorghum, amaranth) to achieve an optimal balance of nutritional value and structural-mechanical properties;

- 3) the inclusion of functional ingredients such as sprouted grains, chia seeds, and flax seeds, which increase the content of protein, dietary fiber, and omega-3 fatty acids;

- 4) the use of natural sugar substitutes (stevia, erythritol) to reduce the glycemic index and caloric content of products;

- 5) the development of combined technologies that integrate health-promoting and gluten-free properties of products.

An important aspect is ensuring high organoleptic qualities of gluten-free products, since the absence of gluten can negatively affect texture, volume, and taste characteristics. The use of integrated technological solutions makes it possible to produce gluten-free flour-based confectionery products that are not inferior in quality to traditional analogues.

The gluten-free product market in Ukraine has significant development potential. Increasing public awareness of celiac disease and gluten intolerance, growing demand for health-oriented food products, as well as state support for producers of specialized foods create favorable conditions for the implementation of innovative technologies in gluten-free flour-based confectionery production.

CONCLUSIONS

Based on the analysis of the domestic market of flour-based confectionery products, theoretical studies, as well as scientific and patent sources, the feasibility of using flour from germinated wheat grain, carob powder, and gluten-free flour types in flour blends in the technology of flour-based confectionery products has been substantiated. This approach is aimed at improving their nutritional value, reducing the glycemic index, and creating products for individuals with celiac disease, which will contribute to expanding the range of health-oriented food products.

The feasibility and potential of using flour from germinated wheat grain and carob powder in flour blends have been justified. The rational ratio of formulation components in flour blends BPVS:BZ:CP was established as 3.5:1.5:1, under which sponge dough is formed with physicochemical and rheological characteristics (effective viscosity 2.76 Pa·s, stability $14.7 \cdot 10^3$, volume 158%) close to those of traditional dough.

The microstructure of sponge dough was studied, and it was found that in the experimental sample, due to a decrease in effective viscosity (by 8%), a more uniform distribution and formation of smaller air bubbles occurred compared to the control sample. This contributed to an increase in volume and allowed for the prediction of improved structural and mechanical properties of the baked sponge semi-finished products.

A scientifically grounded technology of sponge cakes based on flour blends was developed. The following physicochemical indicators were determined: baking loss, elasticity, and crumbliness decreased by 11%, 6%, and 50%, respectively, while specific volume and porosity increased by 2.7% and 4.3%, indicating improved quality. The glycemic index decreased by 24%.

The quality of sponge products was assessed based on chemical composition: fat content decreased by 5.2%, total carbohydrates by 7.7%, including mono- and disaccharides by 9.3% and starch by 12.4%, while dietary fiber increased by 96.9% compared to the control. The content of B-group vitamins increased (niacin – twofold, pyridoxine – tenfold), as well as mineral elements (calcium – by 26.4%, magnesium – by 21.7%) compared to traditional products. The iodine content in the experimental sample was 2.7 μg , which is 5.6 times higher than in the control; the energy value decreased by 6.6%.

Changes in product quality during storage were studied: elasticity (34.1 conventional units), crumbliness (8.2%), and shrinkage (3.6%) were lower by 10.5%, 18.8%, and 16.3%, respectively, compared to the control sample, indicating better storage stability and slower staling processes due to the higher fiber content in the “Zdorovia” flour, which has high water-holding capacity.

Microbiological and toxicological indicators of the developed sponge products did not exceed established safety standards. No bacteria of the *Escherichia coli* group, pathogenic microorganisms including *Salmonella* spp., as well as mold fungi and yeast were detected.

The prospects of using gluten-free flour types (rice, buckwheat, corn, sorghum) in the technology of special-purpose flour-based confectionery products for individuals with celiac disease and gluten intolerance were analyzed. The necessity of using structure-forming additives to compensate for the absence of gluten was identified.

The economic efficiency of implementing the developed sponge technologies was determined, achieved through a reduction in production cost by an average of up to 10%, lower energy consumption, reduced sugar content in formulations, and the use of carob instead of cocoa.

The social effect lies in expanding the range of flour-based confectionery products with improved nutritional value, reduced glycemic index, and gluten-free formulations for special dietary purposes. This will contribute to improving the dietary structure of the population of Ukraine, particularly individuals with celiac disease and gluten intolerance.

SUMMARY

Based on an analytical review of domestic and foreign literature, the feasibility of using “Zdorovia” flour, carob powder, and gluten-free flour types in the technology of health-oriented flour-based confectionery products has been substantiated.

The rheological properties of sponge dough were investigated, and the physicochemical and microbiological characteristics of baked sponge semi-finished products produced with “Zdorovia” flour and carob powder were determined. The prospects of using rice and other gluten-free flour types for the development of health-oriented products were analyzed.

A technology was developed, and a comprehensive quality assessment of sponge confectionery products with enhanced nutritional value was carried out. Regulatory documentation for the new sponge products was approved, and the products have been implemented in food service establishments. The prospects for creating gluten-free flour-based confectionery products for individuals with celiac disease and gluten intolerance have been substantiated.

Bibliography

1. Губська О. Ю., Денесюк О. Р. Целіакія: фокус на прихильність до безглютенової дієти. Аналітичний огляд літератури. *Сучасні аспекти*

військової медицини. *Current Aspects of Military Medicine*. 2022. № 29. С. 54–69. <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2022-29-5>

2. The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products / K. Iorgachova, O. Makarova, E. Kotuzaki. *Зернові продукти і комбікорми*. Одеса. 2016. Vol. 64, Issue 4. P. 16–21.

3. Криворучко М. Ю. Технологія борошняних кулінарних виробів на основі пророщеного зерна пшениці : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16. Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2014. 21 с.

4. Ринок безглютенових продуктів: великий потенціал поки ще сплячої потреби. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/rinok-bezglutenovihproduktiv-velikij-potencial-poki-se-splacoi-potrebi>

5. Непереносимість глютену: причини та корисні поради. URL: <https://apteka.net.ua/articles/neperenosymist-hlyutenu-prychyny-ta-korysni-porady>

6. Губська О. Г. Целиакія. Про проблеми діагностики і лікування цієї хвороби в Україні. *Харчова та переробна промисловість*. 2008. № 7. С. 24–26.

7. Одарченко Д. М., Карбівнича Т. В., Сподар К. В. Розширення асортименту безглютенових борошняних кондитерських виробів та оцінка їх якості. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2024. (1), 138–144. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.16>

8. Рибалка О. І. Якість пшениці і її поліпшення. Одеса, 2011. С. 363–422.

9. Carmen Rodriguez, J. Nana Frias. Correlations between some nitrogen fractions, lysine, histidine, tyrosine, and ornithine contents during the germination of peas, beans, and lentils. *Food Chemistry*, 2008. Vol. 108. Is. 1. Pp. 245–252.

10. Influence of soya bean preparations and reduced salt content on the quality of poultry sausages / D. Grochaalska, J. Mroczek. *Medycyna weterynaryjna*. 2001. V. 57 (1). P. 54–58.

11. Патент на корисну модель. Суміш для дитячого харчування / Соболев М. І., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Ковбаса В. М. № 97565; заявл. 05.09.2014, опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

12. Здобне печиво з використанням борошна з пророщених зерен вівса та пшениці / В. Оболкіна, Н. Ємельянова, А. Скрипко. *Продовольча індустрія АПК*. 2014. № 2. С. 28–32.

13. Wpływ jonów Fe²⁺ działający chnakielku jęcenasionasoi, lucerny razziarni akipszeni cynazawartość skrobiic ukrówredukujących / M. Zielińska-Dawidziak, D. Piasecka-Kwiatkowska, T. Twardowski. *NaukaPrzyr. Technol.* 2010. No. 4 (2). Pp. 1–8, ISSN 1897-7820.

14. Вплив плазмо-хімічно-активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів / С. Ю. Миколенко, О. А. Пивоваров, Ю. О. Чурсінов, В. Ю. Соколов. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 1. С. 57–63.

15. Біотехнологічні методи обробки зерна з метою покращення його поживної цінності / С. М. Кудашев, Г. Д. Лукіна. *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38 (1). С. 109–112.

16. Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier, In Bulletin mensuel d'information et de liaison du Pntta mapm/derd, 2007. 153, 1–4.

17. Горбатенко І. А., Чорна Н. В. Перспективи розширення асортименту борошняних кондитерських виробів для хворих на целиакію. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді». 8 квітня 2021 р. Ч. 1. С. 7.

18. Дорохович В. В. Безглютенові борошняні кондитерські вироби / В. В. Дорохович, Н. П. Лазоренко. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. Вип. 30. С. 341–347.

19. Безглютеновий кекс «Гречано-сочевичний»: пат. 06279 Україна : МПК A23G3/36, № 141596; заявл. 05.06.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 15.

20. Безглютеновий кекс спеціального призначення «Особливий»: пат. 07230 Україна : МПК A23G3/48, № 129878; заявл. 26.06.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 5 с.

21. Кекс безглютеновий: пат. 04459 Україна : МПК A21D8/00, № 138245; заявл. 24.04.2019; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22. 4 с

22. Кекс шоколадний безглютеновий: пат. 02694 Україна : МПК A21D13/047, № 144562; заявл. 04.05.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19. 4 с.

Information about the authors:

Kravchenko Mykhailo Fedorovich,

Doctor of Technical Sciences,

Professor at the Department of Restaurant and Craft Technologies

State University of Trade and Economics

19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Romanovska Olha Leonidivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technologies
and Hotel and Restaurant Service
Chernivtsi Institute of Trade and Economics
of State University of Trade and Economics
7, Tsentralna Square, Chernivtsi, Ukraine

Danyliuk Inna Petrivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technologies
and Hotel and Restaurant Service
Chernivtsi Institute of Trade and Economics
of State University of Trade and Economics
7, Tsentralna Square, Chernivtsi, Ukraine

TECHNOLOGY OF MOUSSE DESSERTS WITH REDUCED ENERGY VALUE

Medvedieva A. O., Antoniuk I. Yu.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-12>

INTRODUCTION

In the context of the worsening environmental situation, the deterioration of the quality of the environment, more and more people began to pay attention to their state of health and look for ways to maintain it. One of the main ways to improve the vital activity of the human body is nutrition. At the same time, the products that are in the daily diet should not only bring pleasure and provide nutrients, but also perform preventive functions: reduce the risk of developing various diseases, protect against adverse environmental conditions¹.

At the current stage in world practice, there is a tendency to create food products for health purposes due to the introduction of plant raw materials into their composition, which contain a significant amount of proteins, vitamins, macro- and microelements, dietary fibers, etc².

Desserts are popular among the population of all countries of the world. However, their disadvantage is that they contain a small amount of biologically active substances and have a high energy value. One of the promising directions for the development of modern sweet products is the improvement of the nutrient composition and giving it health-improving properties.

1. The emergence of prerequisites and formulation of the problem

Many domestic and foreign scientists were engaged in research and problems of creating desserts with improved nutritional properties.

The purpose of the work is the analysis and development of the latest technology of mousse desserts of reduced energy value.

In accordance with the set goal, the following tasks were solved:

- determination of the general characteristics of the mousse dessert production process in restaurant establishments;

¹ Healthy food is available to each of us. URL: <https://surl.li/yazqii/>.

² Modern trends in the production and consumption of sweet dishes. URL: <https://surl.li/djqavj>.

- analysis of the recipe composition and technology of mousse desserts in restaurant establishments;

- study of innovations in the technology of production of mousse desserts;
- development of technology of mousse desserts with plant substitutes.

Object of research: technological and organizational principles of the introduction of mousse desserts.

Subject of research: Greek yogurt, monk fruit, acai puree, apple mousse, mousse desserts.

2. General characteristics of the process of production of mousse desserts in restaurant establishments

Desserts are very popular among the population all over the world. They are not only a source of pleasure and positive emotions, but also have high organoleptic indicators and quality characteristics. Let's consider the main factors that affect the popularity of sweet dishes:

- various flavors and textures that allow you to satisfy different consumer preferences;

- production of the hormone happiness – dopamine;
- part of national culture;
- wide and varied range;
- ease of preparation, availability;
- constant updating of recipes that have original combinations of flavors;
- development of products with useful properties.

Desserts are mainly a source of carbohydrates and fats, because all recipes include easily digestible sugar, with excessive consumption of which metabolic disorders, pancreatic activity and obesity can occur. The energy value of sweets is on average from 50–500 kcal per 100 grams. Their nutritional value is determined by those products included in the recipe composition: berries and fruits (fresh, dried or canned), juices and syrups, eggs, flour, dairy products (butter, cream, cheese, milk, sour cream), aromatic substances (vanillin, cinnamon, coffee, citric acid, nutmeg, citrus peel, cocoa, ginger), chocolate, raisins, seeds and nuts. The variety of raw materials used to prepare desserts allows you to get a sweet dish with different calories, protein, fat, carbohydrates, vitamins and minerals, as well as interesting organoleptic indicators.

Desserts are classified according to various characteristics, depending on the main ingredient, serving temperature, cooking method, consistency and ethnic origin³. They differ in many indicators, in particular the texture, features of

³ Технологія продукції ресторанного господарства [Текст] : підручник / А. Д. Салавеліс, С. Л. Колесніченко, Ю. О. Козонова, С. О. Поплавська. Одеса : Освіта України, 2017. 312 с.

presentation. Among the most popular sweet dishes are: tiramisu, panacota, gelato (Italy), cheesecake, apple pie, brownie (USA), creme brulee, eclairs, macarons (France), pahlava (Turkey, Eastern countries), strudel (Austria, Germany). Ukraine also has its own traditional and popular desserts, among them we can single out verguns, poppy seed rolls, shuliks, various cakes and pastries.

One of the trendy sweet products today is mousse, based on which cakes, pastries, and desserts are prepared. Mousse desserts are delicate and airy treats that have a characteristic light, creamy texture, achieved by whipped cream, egg whites or other foaming ingredients, as well as thickeners such as gelatin or agar-agar.

Mousse dessert has a light and airy texture, due to which they melt in the mouth. Since mousses are the mainstay of cakes and pastries, let us consider their structure.

Base-cake – most often used is biscuit, cheesecake, brownie, dacquoise on nut or almond flour.

The main integral ingredient is cream-based mousse and gelatin.

Next layer – filling: strawberry or cherry confit, fruit, coconut or nut caramel layer, compote, kuli or kurd.

Coating – chocolate velour or mirror glaze.

An example of mousse desserts is shown in Fig. 1.

The main ingredients of mousse desserts are whipped cream, egg whites, cream cheese, yogurt, chocolate, vanilla, fruits and berries (raspberries, mangoes, passion fruit, blueberries, cherries, currants), coffee, sugar and sweeteners, honey, condensed milk, agar-agar, gelatin, various types of flour, starches and leavening agents, nuts, lemon zest or juice, lime, orange, alcohol (liquors, rum, cognac), spices (cinnamon, cardamom, ginger).

Mousse desserts can be characterized by the following indicators: a variety of flavors that combines chocolate, fruit and berry puree, coffee, caramel or cheese; elegant appearance thanks to exquisite design (mirror glaze, fresh berries, fruits, chocolate decor or nuts); versatility, because the product can

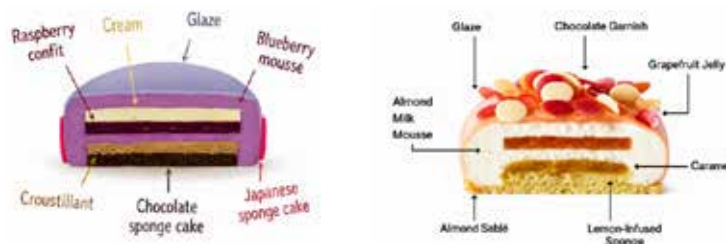


Fig. 1. Building mousse desserts

Source: Pinterest – Access mode: <https://www.pinterest.com>

be served as an independent dessert in creamery or be a filling for cakes and pastries; low calorie content.

Depending on the main ingredient included in mousse desserts, the following popular options are distinguished⁴:

- chocolate mousses based on different types of chocolate;
- fruit and berry mousses consisting of puree or fruit and berry juices;
- cheese mousses with the addition of cream cheese or other soft cheeses;
- coffee mousses;
- caramel mousses.

Therefore, the range of mousse desserts depends on the main ingredient that affects the organoleptic performance of the sweet product.

Analyzing the assortment of sweet products based on mousses in restaurants in the city of Kyiv⁵, we can conclude that mousses are mainly part of cakes and pastries, in some cases they are served as an individual product.

Mousse wedding cakes are especially popular because they combine an elegant look with less weight, which is important for multi-tiered compositions. Elegant colors, subtle decor and the ability to create a unique shape allow you to harmoniously fit the cake into any style of the holiday.

Mousse cakes are also ideal for gender party due to the layered structure of the inner layer or confit can be brightly colored, symbolizing the sex of the child. Such an element of surprise looks elegant and adds emotionality to the holiday without losing style.

Mini mousse cakes (bento format) – are ideal for individual gifts and small celebrations. They are designed according to the personality of the customer: improvised inscriptions, minimalist illustrations or symbolic elements. The compact size allows you to experiment with the design and makes each dessert special.

Mousse desserts are prepared only from natural ingredients, so their shelf life is from 2 to 5 days at a temperature of 0... +4 °C.

3. Analysis of mousse dessert technology

The classic basis of mousse desserts is apple mousse, which is used as an independent dish or as a layer in cakes and pastries. Mashed apples, sugar, gelatin, water, vanilla are the recipe ingredients. The quality of the components is extremely important for obtaining desserts with an excellent organoleptic profile, while each component in the recipe performs a certain function (Fig. 2)⁶.

⁴ Mousse desserts – what are and how to cook. URL: <https://surl.li/vpnfzm>.

⁵ Mousse cakes and desserts in Kyiv establishments. URL: <https://surl.li/ztdxoq>.

⁶ Dessert preparation technology. URL: <https://surl.li/awweve>.

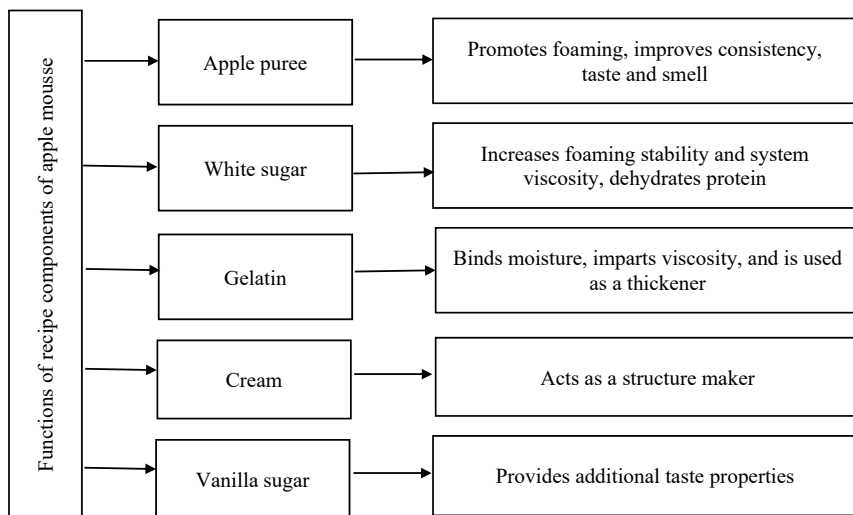


Fig. 2. Functions of recipe components of apple mousse

Having considered the functions of the ingredients of apple mousse, its recipe composition was analyzed (Table 1)⁷.

Table 1

Analysis of the recipe composition of apple mousse

Name of recipe components	Requirements for prescription components	Content, %	Mechanical culinary processing
Apples	Round fruit, color depending on the variety, juicy, dense consistency, sweet taste	40	Cleaning, removal of core and seeds, cutting
Sheet gelatin	The sheet is colorless or yellowish in color, pressed, odorless and tasteless	5	Soaking in water, stirring until completely dissolved
White sugar	Sweet, crystalline, white in color, without extraneous taste and smell	10	Sieving, dissolution
Cream	Homogeneous consistency, without lumps of white color with a cream shade, sweet taste, without extraneous odors	45	Strain
Vanilla sugar	Fine crystalline powder, without lumps and foreign inclusions, white, sweet, with a pronounced smell of vanillin	0.1	Sieving
Total		100	

⁷ Apple mousse. URL: <https://surl.li/rsreip>.

One important aspect of making apple mousse is the right kind of apples. It is best to use sweet and sour varieties with a pronounced aroma and not too dense pulp that boils well, for example: “Antonivka”, “Simyrenko”, “Slava Peremozhstiam”. It is also possible to combine several types for a variety of flavors.

In order to identify prospects for improving the organoleptic and structural properties of apple mousse, an analysis of the technological process of its production was carried out (Table 2).

Table 2

Analysis of the technological process of apple mousse production

Name of the technological operation	The goal that is achieved	Parameters of the technological operation	Physico-chemical processes taking place
1	2	3	4
Preparation of gelatin mixture			
Swelling of gelatin	Soaking of gelatin in water	$\tau = 10 \text{ min}$	The process of water absorption, mass compaction, gel formation
Preparation of applesauce			
Mechanical culinary processing of apples	Washing, peeling, removal of core and seeds, slicing	–	Damage to structure integrity, oxidation of phenolic substances
Stewing	Obtaining a soft consistency	$\tau = 5\text{--}7 \text{ min}$	Decay of pectin, caramelization of sugars, evaporation of moisture, oxidation
Rubbing	Achieving a puree-like consistency	–	Destruction of cellular structure, release of aromatic compounds, activation of enzymes
Mousse preparation			
Combining ingredients of sugars and applesauce	Dissolving sugar in warm applesauce	$T = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Obtaining a uniform consistency
Cooling applesauce	Obtaining the required temperature	$T = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Gelling of pectin, slowing down of enzymatic reactions
Mixing puree and gelatin	Formation of a gel-like structure	–	Hydration and denaturation of gelatin, diffusion of gelatin in puree, beginning of gelation, stabilization of the structure

Continuation of table 2

1	2	3	4
Whipping cream	Conversion of liquid to air foam	$n = 3000 \text{ RPM}$ $T = 4-7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau = 5 \text{ min}$	Denaturation of proteins, formation of fat-protein network, aggregation of fat globules
Coupling of formulation components	Obtaining a homogeneous mass	$\tau = 5 \text{ min}$	Moisture binding, partial transition to gel state
Pouring into molds and cooling	Obtaining a stable texture and taste of the dessert	$T = 2-4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 2 \text{ hr}$	Stabilization of air foam, gelatin gelling, gradual crystallization of sugar, thickening of pectins
Porting and design	Preparation for implementation	$T = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$	–

To prepare a high-quality mousse dessert, you need to pay attention to such important technological factors as foam formation, speed, temperature and duration of whipping.

4. Innovations in mousse dessert technology

The modern production of mousse desserts is actively developing thanks to a combination of innovations in science, the latest technologies and healthy eating trends. Let's consider the key trends that make it possible to create mousses with improved nutritional composition, organoleptic indicators and health-improving properties:

- use of the latest gelling agents and stabilizers (agar-agar, pectin, xanthan gum, guar gum, carrageenan);
- use of components that allow you to enrich the mousse with useful things: calcium, iodine, collagen, probiotics;
- low-calorie sweeteners of the new generation (alulose, monk fruit, erythritol and stevia);
- addition of prebiotics, superfoods, vegetable protein (pea, soy, almond);
- use of natural dyes (beets, turmeric, spirulina) and flavorings.

A large number of scientists apply the above methods of improving the technology of mousse desserts in their developments.

Mikvabishvili I. and Hnitsevich V. determined a characteristic feature of preparing desserts with a foam structure with the addition of apples, carrots and rowan⁸. Thanks to the added raw materials, the improved mousse improved

⁸ Міквabішвілі І., Гніцевич А. Технологія мусу на основі плодово-овочевої композиційної суміші. URL: <https://surl.li/pcjrtd>.

its texture, which became silky, foamy, and a pleasant unique taste and aroma appeared. The developed dessert is characterized by an increased content of nutrients: dietary fiber increased by 2.7 times, proteins – by 4.07 times, the amount of vitamins C, B₁, B₂ and PP also increased, and the energy value decreased by 34%.

Scientists of the Poltava University of Economics and Trade proposed the use of pectin-containing fruit raw materials in dessert technology. To improve structural and mechanical properties, puree was introduced from blackcurrant berries, argus, cranberries and chenomeles fruits⁹. On the basis of experimental studies, it was established that gelling juices from various types of pectin-containing raw materials have a positive effect on the strength and structural and mechanical properties of panacotas. The resulting sweet dishes have an increased content of dietary fiber and are characterized by an improved vitamin and mineral composition.

Scientist N. A. Dzyuba modeled food compositions with a given nutrient composition in order to create healthy food products. As a bioprotector, collagen hydrolyzate was added to the recipe of creamy cheese mousse, which not only gave functional properties, but also improved the biological value of the dish¹⁰. Tasting evaluation of the sensory indicators of the developed mousses showed high consumer properties of new dessert dishes. During the research, the optimal shelf life of sweet dishes was determined, which was 5 days at a temperature of $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$, a humidity of no more than 65% in glass containers.

At the Department of Restaurant and Craft Technologies of the State University of Trade and Economics, the influence of various dragle-forming components on the structure of pumpkin-blind mousse dessert was studied¹¹. A sweet dish formulation was developed with the addition of gelatin, agar and pectin; the organoleptic indicators of the dessert were studied and it was determined that the mousse with gelatin received the highest score. The authors also determined the vitamin and mineral composition of dishes, which is characterized by an increased content of vitamin E, potassium, manganese, copper, and zinc. The proposed desserts are recommended to be used as a component of a balanced diet.

⁹ Хомич Г. П., Горобець О. М., Наконечна Ю. Г., Чоні І. В., Тесленко Н. В. Використання пектиновмісної сировини в технології десертних виробів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 2, С. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-2-3>.

¹⁰ Дзюба Н. А. Композиційне проєктування полікомпонентних мусів біопротекторної дії. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69). № 5. Частина 2. С. 86–92.

¹¹ Грабовська О. В., Березова Г. Дослідження драглеутворювальної основи мусових десертів. URL: <https://surl.luhqaznss>.

Rubanka K. V., Terletska V. A., Pysarets O. P., Bratus Yu. V. were engaged in the creation of food concentrates for mousse “Cranberry” with filler from a multi-component mixture based on tea. Based on the results of the study of the foaming ability of the improved sweet dish, it was established that the optimal amount of the new recipe ingredient is 4%¹². When adding a multicomponent mixture in such a concentration, the mousse is characterized by high organoleptic properties (attractive appearance and taste of tea), and also has appropriate structural and mechanical characteristics.

At the National University of Food Technology, the possibility of replacing cow's milk with vegetable milk in the recipe of mousses has been investigated. Due to the replacement of functional ingredients in sweet dishes, the consistency has become delicate, uniform, with a pleasant taste and aroma¹³. In order to increase the amount of nutrients (vitamins C and group B, copper, iron, calcium, potassium, cobalt, zinc and magnesium), raspberries, bananas and mangoes were added to the composition of the mousses. Based on the results of the research, the optimal amount of structure former was established, namely 10 g of gelatin to obtain the appropriate structure.

5. Research results

Obesity in Ukraine is a serious problem that has affected the adult and child population. There has been a steady increase in the number of overweight people in recent years¹⁴. According to the Public Health Center of Ukraine, about 59% of the adult population has excess body weight, of which 24.8% are obese. And among children, 22% are overweight and 8% are obese. The main cause of health problems is unsustainable nutrition (excessive consumption of fatty and sweet foods), a sedentary lifestyle.

Mousse desserts are usually quite high in calories, especially in the classic version, due to the high content of fat, sugar and cream. Therefore, the development of low-calorie sweet dishes is an urgent task of modern nutritionology. Based on the results of the study of the apple mousse recipe, it was determined that the dessert includes sugar and cream of 33% fat content. Therefore, it was decided to improve the technology of the dish by replacing the ingredients with the sugar substitute – monk fruit and Greek yogurt. To

¹² Рубанка К., Терлецька В., Писарець О., Братусь Ю. Дослідження структурно-механічних властивостей збивних солодких страв на основі чаю. URL: <https://surl.li/lbmrf>.

¹³ Михайличенко А. В., Фурманова Ю. П. Муси на основі рослинного молока без цукру як альтернативна безлактозна продукція для закладів ресторанного господарства. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді*. Одеса : ОНАХТ, 2019. С. 151–153.

¹⁴ Кравчук Н. М., Польовик В. В., Клец Д. О. Вдосконалення технології десертів. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_11%282%29_125.

improve the nutritional and biological value of the dish, part of the applesauce was replaced with berry purees (asai, blueberries and currants).

Monk fruit is a natural sweetener made from arhat, a perennial herbaceous vine from the pumpkin family. It belongs to low-calorie sweeteners, because it contains no calories at all and has a zero glycemic index, which makes it an ideal option for those who want to lose weight, get sick or monitor their blood sugar levels¹⁵. Monk fruit has a pleasant caramel aroma and a delicate fruity taste. The sweetener is recognized as a safe product for consumption by many regulatory authorities, including the Food and Drug Administration. Due to its heat resistance, monk fruit can be used to prepare various dishes, including pastries. Eating the sweetener has a positive effect on the functioning of the body, it has calming and anti-inflammatory properties, strengthens the immune system, and is a natural antioxidant.

Acai berries are round fruits measuring 2.5 cm that grow on acai palms in the tropical forests of Central and South America. They have a dark purple skin, yellow pulp, the taste is something between blackberry and unsweetened chocolate¹⁶. Fresh berries have a short shelf life, so they are exported in the form of frozen fruit puree, dry powder or squeezed juice. Acai berries are rich in vitamins (A, C, E), minerals (calcium, magnesium, zinc) and antioxidants, which help protect the body from the harmful effects of free radicals. One of the key advantages of berries is the high content of anthocyanins – natural antioxidants, which are also present in grapes and blueberries. However, the concentration of these substances in acai is much higher. Compared to other superfoods, acai berries contain a maximum of antioxidants and a minimum of sugar. The beneficial properties of berries are antioxidant and disease protection, strengthening of the cardiovascular system, support of the immune system, improvement of digestion and antiaging effect.

Greek yogurt – is a fermented milk product with an increased proportion of dry substances, which is obtained as a result of fermenting milk with pure cultures of lactic acid bacteria. Thanks to the special production technology, yogurt has a thick creamy structure with a wonderful creamy note¹⁷. It contains protein, minerals (calcium, magnesium, potassium, iodine), vitamins (B2, A, PP). Greek yogurt has probiotic properties, has a positive effect on the immune system, contributes to the normalization of digestion, can be used in dietary nutrition, suppresses the development of pathogenic microflora. It contains less sugar and carbohydrates, as part of

¹⁵ Monk Fruit. URL: <https://surl.li/uafsyk>.

¹⁶ What are acai berries and why should they be consumed. URL: <https://surl.li/tdfwss>.

¹⁷ Greek yogurt. URL: <https://surl.li/ybwogi>.

the lactose contained in all dairy products is removed together with whey, and the rest of it is converted into lactic acid.

During technological research, technologies and recipes for mousse desserts were developed:

- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree;
- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and blueberry puree;
- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and currant puree.

The recipe composition of the developed apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree is presented in the Table 3. Since monk fruit is 150–200 times sweeter than sugar when replaced, the sugar content decreases accordingly.

Table 3

The recipe composition of apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree

Name of raw materials	Control	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
Apples	40	40	38	33	28
Sheet gelatin	5	5	5	5	5
White sugar	10	–	–	–	–
Cream	45	–	–	–	–
Vanilla sugar	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Greek yogurt	–	45	45	45	45
Monk Fruit	–	2	2	2	2
Masai puree	–	8	10	15	20
Total	100	100	100	100	100

To determine the optimal amount of acai puree in apple mousse technology, a tasting evaluation of experimental samples of apple mousse was carried out. Based on the obtained results, it has been proven that the addition of acai puree in the amount of 5 to 10 g allows you to get apple mousse, which is characterized by a moderate sweet taste, a soft pink color; with an increase in its concentration to 15 g, a slight astringency appears, and the dish acquires a light pink shade. When adding 20 g of berry puree, the color changes to bright purple, the consistency is slightly compacted, and the astringency becomes more pronounced. Experiment 3 (4.95 points) received the highest rating, which was used for further research.

Replacing cream with Greek yogurt in apple mousse technology changes the cooking technology, as the technological operation of whipping the dessert with a mixer becomes unnecessary.

Table 4 provides an analysis of the chemical composition of a control and test sample of apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree.

Table 4

Comparative analysis of the chemical composition of apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree

Indicators	Units of measurement	Control	Experiment	Difference, units	Difference, %
Proteins	g	2.15	7.87	5.72	265.44
Fats	g	9.18	7.57	-1.61	-17.55
Carbohydrates	g	15.59	9.91	-5.69	-36.46
Dietary fiber	g	0.80	5.93	5.13	641.25
Energy value	kcal	173.15	62.53	-110.62	-63.89
Mineral substances					
Calcium	mg	57.10	109.20	52.10	91.24
Potassium	mg	163.45	192.85	29.40	17.99
Magnesium	mg	7.28	14.03	6.75	92.72
Phosphorus	mg	38.15	50.15	12.00	31.45
Sodium	mg	41.00	133.65	92.65	225.98
Iron	mg	0.30	2.01	1.71	575.93
Zinc	mcg	0.78	0.91	0.13	17.05
Vitamins					
B ₁ (Tianin)	mg	0.03	0.22	0.19	752.94
B ₂ (Riboflavin)	mg	0.05	0.25	0.20	371.70
B ₆ (Pyridoxin)	mg	0.06	0.15	0.09	159.32
B ₉ (Folic acid)	mcg	4.18	10.26	6.09	145.75
PP (Niacin)	mg	0.17	0.61	0.44	269.09
E (Tocopherol)	mg	0.47	1.50	1.03	221.51
Asorbinova acid	mg	4.00	24.70	20.70	517.50

Based on the results of the study of the chemical composition of apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree, it can be concluded that when adding plant substitutes, the content of the following indicators increases: protein – by 265.44%, dietary fiber – by 641.25%, and calorie content decreases by 63.89%. Vitamin content varies as follows: B₁ increases by 752.94%, B₂ – by 371.70%; PP – by 269.09%, E – by 221.51% and C – by 517.50%.

Of the minerals in the test sample, calcium – increased significantly by 91.24%, magnesium – by 92.72%, sodium – by 225.98% and iron – by 575.93%. Therefore, replacing sugar with monk fruit and cream – with Greek yogurt reduces the energy value of the mousse dessert, and partially replacing

applesauce with acai puree improves the vitamin and mineral composition of the dish.

CONCLUSIONS

Based on the results of research on the properties of plant raw materials and their influence on the choice of technological modes of production of mousse desserts, a technology has been developed that ensures the production of high-quality mousse desserts.

Based on experimental data on the chemical composition of plant raw materials, its influence on the organoleptic properties of mousse desserts was determined, and the improvement of their nutritional and biological value was substantiated. Rational amounts of its addition in the production of the specified sweet dishes have been established.

On the basis of the conducted research, technologies and recipes for the production of mousse desserts using Greek yogurt, monk fruit and acai puree have been developed. It was established that desserts obtained using new technologies have high organoleptic and physico-chemical quality indicators.

The use in the production of mousse desserts of Greek yogurt, monk fruit and acai puree contributes to the expansion of the range of functional dishes and thereby improving the general state of health of the population.

SUMMARY

Desserts are popular among the population of all countries of the world. But their disadvantage is that they contain a small amount of biologically active substances and have a high energy value. One of the promising directions for the development of modern sweet products is to improve the micronutrient composition and give it health-improving properties.

One of the trendy sweet dishes today is mousse, based on which pastries, cakes and desserts are prepared. Mousse desserts are delicate and airy treats that have a characteristic light, creamy texture, achieved by whipped cream, egg whites or other foaming ingredients, as well as thickeners such as gelatin or agar-agar.

A classic mousse dessert is apple mousse, which is used as an independent dish or as a layer in cakes and pastries. The recipe ingredients are applesauce, sugar, gelatin, water, vanilla.

The technology of new mousse desserts has been developed:

- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree;
- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and blueberry puree;
- apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and currant puree.

Based on the results of the study of the chemical composition of apple mousse based on Greek yogurt, monk fruit and acai puree, it can be concluded that when adding plant substitutes, the content of the following indicators increases: protein – by 265.44%, dietary fiber – by 641.25%, and calorie content decreases by 63.89%. Vitamin content varies as follows: B₁ increases by 752.94%, B₂ – by 371.70%; PP – by 269.09%, E – by 221.51% and C – by 517.50%.

Of the minerals in the test sample, calcium – increased significantly by 91.24%, magnesium – by 92.72%, sodium – by 225.98% and iron – by 575.93%. Therefore, replacing sugar with monk fruit and cream – with Greek yogurt reduces the energy value of the mousse dessert, and partially replacing applesauce with acai puree improves the vitamin and mineral composition of the dish.

The developed mousse desserts are recommended for introduction in restaurants and craft production, as dishes of reduced energy and increased food and biological value.

Bibliography

1. Healthy food is available to each of us. URL: <https://surl.li/yazqii/>.
2. Modern trends in the production and consumption of sweet dishes. URL: <https://surl.li/djqavj>.
3. Технологія продукції ресторанного господарства [Текст] : підручник / А. Д. Салавеліс, С. Л. Колесніченко, Ю. О. Козонова, С. О. Поплавська. Одеса : Освіта України, 2017. 312 с.
4. Mousse desserts – what are and how to cook. URL: <https://surl.li/vpnfzm>.
5. Mousse cakes and desserts in Kyiv establishments. URL: <https://surl.li/ztdxoq>.
6. Dessert preparation technology. URL: <https://surl.li/awweve>.
7. Apple mousse. URL: <https://surl.li/rsreip>.
8. Міквабішвілі І., Гніцевич А. Технологія мусу на основі плодово-овочевої композиційної суміші. URL: <https://surl.li/pcjrtd>.
9. Хомич Г. П., Горобець О. М., Наконечна Ю. Г., Чоні І. В., Тесленко Н. В. Використання пектиновмісної сировини в технології десертних виробів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 2. С. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-2-3>.
10. Дзюба Н. А. Композиційне проєктування полікомпонентних мусів біопротекторної дії. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69). № 5. Частина 2. С. 86–92.

11. Грабовська О. В., Березова Г. Дослідження драглеутворювальної основи мусових десертів. URL: <https://surl.lu/qaznss>.
12. Рубанка К., Терлецька В., Писарець О., Братусь Ю. Дослідження структурно-механічних властивостей збивних солодких страв на основі чаю. URL: <https://surl.li/lbmprf>.
13. Михайличенко А. В., Фурманова Ю. П. Муси на основі рослинного молока без цукру як альтернативна безлактозна продукція для закладів ресторанного господарства. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді*. Одеса : ОНАХТ, 2019. С. 151–153.
14. Кравчук Н. М., Польовик В. В., Клец Д. О. Вдосконалення технології десертів. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_11%282%29__125.
15. Янчук А. Д., Чоні І. В. Перспективи використання рослинної сировини у складі десертної продукції. Редакційна колегія. Полтава. 2019. 289 с.
16. Monk Fruit. URL: <https://surl.li/uafsyk>.
17. What are acai berries and why should they be consumed. URL: <https://surl.li/tdfwss>.
18. Greek yogurt. URL: <https://surl.li/ybwogi>.

Information about the authors:

Medvedieva Anzhelika Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology
and the Organization of restaurant business
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Antoniuk Iryna Yuriyivna,

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology
and the Organization of restaurant business
State University of Trade and Economics
19 Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Пилипчук О. С., Ніколаєнко М. С.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-13>

ВСТУП

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, вплив спадкових чинників на стан здоров'я людини становить близько 15%, ще 15% припадає на рівень розвитку та ефективність системи охорони здоров'я, тоді як визначальну роль (приблизно 70%) відіграють спосіб життя та характер харчування¹. Упродовж останніх десятиліть в Україні спостерігається тенденція до погіршення стану здоров'я дітей шкільного віку². У школярів дедалі частіше реєструють зниження функціональних резервів організму, порушення механізмів вегетативної регуляції та зростання загальної захворюваності. Особливе занепокоєння викликають недостатній рівень рухової активності, поширення шкідливих звичок, збільшення кількості дітей із надлишковою масою тіла й ожирінням. Такі фактори сприяють зниженню толерантності до фізичних навантажень, погіршенню адаптаційних можливостей організму, виснаженню резервів серцево-судинної системи та негативно впливають на якість життя дитячого населення. За наявними даними, надмірну масу тіла або ожиріння виявляють приблизно в кожній сьомій дитини в Україні, причому серед хлопчиків ця проблема трапляється майже вдвічі частіше.

Рациональне харчування школярів є одним із ключових чинників забезпечення нормального росту й розвитку організму в період інтенсивного фізичного та психоемоційного навантаження. Повноцінний і збалансований раціон забезпечує організм необхідною енергією, сприяє гармонійному розумовому розвитку, підтримує належний рівень імунного

¹ Тяжка О. В., Починок Т. В., Балацька Н. І. Вітамін D-статус у дітей 10–18 років м. Києва. *Медицина транспорту України*. 2012. № 4. С. 76–78.

² Іванова В. Д., Сімахіна Г. О. Технологія природних вітамінів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2016. 343 с.

захисту та створює передумови для збереження здоров'я у дорослому віці. Водночас актуальною залишається проблема недостатнього надходження вітамінів, макро- та мікроелементів. Дефіцит есенціальних нутрієнтів може призводити до порушень обмінних процесів, зниження фізичної та когнітивної працездатності, затримки росту й розвитку, а також підвищення ризику формування хронічних захворювань і алергічних реакцій³.

На сьогодні недостатньо вирішена гостра проблема забезпечення вітамінами та мікроелементами. Дефіцит вітамінів, макро- й мікроелементів у раціоні школярів призводить до порушень метаболізму, зниження фізичної та розумової працездатності, негативно позначається на рості та розвитку дітей, провокує розвиток хронічної патології, алергічних станів. Сьогодні в харчуванні школярів домінують аномальні стереотипи, які вирізняються незбалансованістю раціону й дефіцитом багатьох есенціальних нутрієнтів, необхідних для гармонійного розвитку та зміцнення здоров'я дітей⁴.

Сучасна структура харчування дітей шкільного віку нерідко характеризується незбалансованістю та недостатнім споживанням життєво важливих нутрієнтів. Формування нераціональних харчових звичок негативно позначається на фізичному розвитку дітей і може стати причиною виникнення аліментарно-залежних захворювань. Недосконалість організації шкільного харчування також залишається однією з актуальних проблем громадського здоров'я. За період 2000–2013 років захворюваність молодого населення на ендокринні порушення, хвороби, пов'язані з розладами харчування, та патології обміну речовин збільшилася майже вдвічі. Одночасно відзначається зростання поширеності надмірної маси тіла, ожиріння, серцево-судинних і деяких онкологічних захворювань.

Незважаючи на актуальність проблеми, в Україні все ще бракує комплексних досліджень, присвячених оцінці особливостей харчування дітей шкільного віку з різними показниками фізичного розвитку. Недостатньо вивченими залишаються зміни харчової поведінки залежно від маси тіла та місця проживання, а також поширеність дефіцитного чи надлишкового споживання основних макро- і мікронутрієнтів серед школярів.

Таким чином, питання оцінки харчового статусу дитячого населення України набуває особливої актуальності. Сучасні соціально-економічні

³ Бухановська Т. М., Мальцева Л. О., Андрейчин Л. В. Стан здоров'я сучасних школярів, шляхи його збереження та поліпшення. Україна. *Здоров'я нації*. 2012. № 1. С. 44–51.

⁴ Ковпук Н. І., Нечитайло Ю. М. Особливості харчування та формування його стереотипів у сучасних школярів. *Міжнародний журнал педіатрії, акушерства і гінекології*. 2014. Том 5 (2). С. 10–14.

умови зумовлюють необхідність удосконалення вимог до організації харчування в закладах освіти та впровадження ефективних підходів до забезпечення дітей повноцінним, безпечним і збалансованим харчуванням.

Наукове видання підготовлене в рамках грантової підтримки Національного фонду України за договором № 286.05/0050.

1. Загальні поняття про харчування, значення, функції

Однією з базових умов нормального росту, розвитку та функціонування організму є повноцінне харчування. Саме з продуктами харчування дитячий організм отримує необхідні поживні речовини, серед яких білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні сполуки, а також макро- і мікроелементи. Забезпечення фізіологічних потреб у цих компонентах сприяє гармонійному фізичному та психічному розвитку дитини, підвищенню стійкості організму до несприятливих чинників навколишнього середовища, профілактиці багатьох захворювань і підтриманню високого рівня здоров'я. У зв'язку із цим проблема організації здорового харчування населення, особливо дітей, залишається одним із пріоритетних напрямів сучасної науки та практики охорони здоров'я.

Під харчуванням розуміють процес споживання харчових продуктів, який забезпечує надходження до організму енергії та необхідних нутрієнтів відповідно до його фізіологічних потреб.

Рациональне харчування являє собою науково обґрунтовану систему харчування, що передбачає повне забезпечення організму енергією та всіма необхідними поживними речовинами з урахуванням віку, статі, рівня фізичної активності, стану здоров'я та інших індивідуальних особливостей людини. Такий підхід сприяє підтриманню нормального перебігу обмінних процесів, збереженню працездатності та профілактиці аліментарно-залежних захворювань.

Сучасні уявлення про здорове харчування ґрунтуються на низці фундаментальних принципів. Насамперед енергетична цінність добового раціону повинна відповідати фактичним енерговитратам організму. Важливим є також забезпечення організму всіма необхідними поживними речовинами в достатній кількості та оптимальному співвідношенні. Раціон має бути збалансованим за вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин.

Не менш значущим є дотримання режиму харчування, який передбачає регулярне споживання їжі через певні проміжки часу. Хімічний склад і калорійність раціону повинні відповідати індивідуальним потребам людини, враховуючи її вік, стать, рівень фізичної активності,

особливості обміну речовин і стан здоров'я. Важливу роль відіграє також органолептична цінність їжі: привабливий зовнішній вигляд страв, приємні смак та аромат сприяють кращому засвоєнню поживних речовин і формуванню позитивних харчових звичок.

Обов'язковою вимогою до будь-якого раціону є його безпечність. Харчові продукти повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам, не містити токсичних речовин, патогенних мікроорганізмів, важких металів, радіонуклідів та інших потенційно небезпечних домішок. Лише за умови дотримання всіх принципів раціонального харчування можливо забезпечити оптимальний ріст і розвиток дітей, зміцнення їхнього здоров'я та профілактику багатьох захворювань.

Під час планування раціону харчування дітей молодшого шкільного віку необхідно враховувати анатомо-фізіологічні особливості організму, а також специфіку їхньої навчальної та повсякденної діяльності. У цей період життя відбуваються інтенсивні процеси росту та розвитку, що супроводжуються підвищеними потребами в енергії та поживних речовинах.

Однією з характерних особливостей дитячого організму є високий рівень основного обміну речовин, який приблизно у півтора раза перевищує відповідні показники дорослих. Це зумовлює необхідність забезпечення достатньої енергетичної цінності добового раціону.

Важливим чинником є також значне психоемоційне навантаження, пов'язане з навчальним процесом. Виконання контрольних робіт, засвоєння великих обсягів інформації, оцінювання знань та адаптація до шкільного середовища можуть спричиняти підвищену втому, емоційне напруження, порушення сну, головний біль та інші функціональні розлади нервової системи.

Сучасні умови навчання характеризуються значним навантаженням на органи зору. Тривале використання комп'ютерної техніки, електронних освітніх платформ і перегляд навчальних матеріалів у цифровому форматі можуть негативно впливати на функціональний стан зорового аналізатора, що потребує додаткового надходження з їжею біологічно активних речовин, необхідних для підтримання здоров'я очей.

У старшому шкільному віці особливого значення набувають процеси статевого дозрівання, підвищення фізичної активності та занять спортом. Крім того, підлітки часто приділяють значну увагу власному зовнішньому вигляду, прагнучи впливати на масу тіла, розвиток м'язової тканини, а також стан шкіри, волосся та нігтів. У зв'язку із цим раціон повинен забезпечувати організм достатньою кількістю білків, вітамінів, мінеральних речовин та інших незамінних нутрієнтів.

Важливою складовою організації харчування учнів є забезпечення повноцінного шкільного обіду, який у середньому покриває близько третини добової потреби організму в енергії. Решта енергетичних потреб має задовольнятися за рахунок сніданку, додаткових приймань їжі та вечері в домашніх умовах. Саме тому ефективна взаємодія між закладом освіти та родиною є необхідною умовою формування збалансованого раціону та здорових харчових звичок у дітей. Не менш важливим є дотримання регулярного режиму харчування, що сприяє нормальному функціонуванню організму та підтриманню здоров'я школярів.

За даними досліджень Н. М. Зубар, харчування належить до провідних чинників, що визначають стан здоров'я людини. Його внесок оцінюється на рівні 40–45%, тоді як вплив спадковості становить близько 18%, системи охорони здоров'я – 10%, факторів навколишнього середовища – 8%, а частка інших чинників коливається в межах 19–24%. Це свідчить про визначальну роль раціонального харчування у збереженні та зміцненні здоров'я населення⁵.

Раціональне харчування є однією з основних фізіологічних потреб людини та водночас важливим чинником збереження і зміцнення здоров'я. Забезпечуючи організм енергією та необхідними поживними речовинами, воно бере участь у реалізації численних функцій, необхідних для підтримання нормальної життєдіяльності, росту, розвитку, адаптації до умов навколишнього середовища та профілактики захворювань (табл. 1).

Таблиця 1

Функції раціонального харчування

Функції раціонального харчування	Зміст функції	Фактори забезпечення
1	2	3
Енергетична	Постачання в організм енергетичних речовин	Вуглеводи, жири, білки
Пластична	Забезпечує зростання, формування та розвиток організму: постачання в організм пластичних речовин для побудови клітин, тканин і органів	Білки, мінеральні речовини, ліпіди, вуглеводи та інші
Біорегуляторна	Забезпечує нормальну репродуктивну функцію, сприяє активності та тривалості життя: постачання необхідних речовин для утворення ферментів та гормонів	Вітаміни, білки, мікроелементи, ПНЖК (полінезамінні жирні кислоти)

⁵ Зубар Н. М. Основи фізіології та гігієни харчування: Підручник К.: Центр учбової літератури, 2010. 336 с.

Продовження таблиці 1

1	2	3
Імунно-регуляторна	Профілактика та підтримка здоров'я, зменшення ризику виникнення та тяжкості перебігу захворюваності: постачання речовин, з яких в організмі утворюються імунізаційні речовини	Білки, вітаміни, ПНЖК, біомікроелементи (Fe, Zn, I)
Прийнятливо-регуляторна	Захищає від впливу несприятливих екологічних умов, шкідливих виробничих та побутових чинників, відновлює працездатність людини: постачання нутрієнтів, які відіграють специфічну роль у регуляції функцій організму	Вітаміни, амінокислоти, харчові волокна, мінеральні речовини
Реабілітаційна	Відновлює порушені функції за допомогою нутрієнтів з лікувальними властивостями	Продукти спеціального призначення; певна якість та кількість нутрієнтів; певна кулінарна обробка тощо
Мотиваційно-сигнальна	Регуляція харчової мотивації (апетиту), формування харчових звичок (споживання продуктів, що смакують, збуджують, доставляють смакове задоволення тощо)	Смакові, екстрактивні та ароматичні речовини (антиоксиданти, ефірні олії, фітонциди, органічні кислоти)

Особливе значення має організація харчування дітей шкільного віку, оскільки вона безпосередньо впливає не лише на фізичний розвиток, а й на психоемоційний стан і навчальну діяльність учнів. Повноцінний шкільний обід сприяє підвищенню рівня задоволеності перебуванням у закладі освіти, формуванню позитивного ставлення до навчального процесу та покращенню академічної успішності.

Вплив шкільного харчування не обмежується лише періодом навчання. Харчові звички, сформовані в дитячому віці, часто зберігаються протягом усього життя, визначаючи подальші харчові вподобання та модель харчової поведінки. Ознайомлення дітей із різноманітними продуктами та стравами сприяє розширенню смакового досвіду, формуванню культури харчування та закладає підґрунтя для дотримання принципів здорового способу життя в майбутньому.

2. Міжнародний досвід організації шкільного харчування

Проблема нераціонального харчування дитячого населення впродовж останніх десятиліть залишається одним із найактуальніших викликів для систем громадського здоров'я європейських країн. Незбалансований раціон, що характеризується надмірним споживанням висококалорійних продуктів із низькою харчовою цінністю та недостатнім надходженням есенціальних нутрієнтів, негативно впливає на фізичний розвиток дітей і підлітків. Наслідком таких порушень є збільшення поширеності надлишкової маси тіла й ожиріння серед школярів, що, зі свого боку, підвищує імовірність розвитку серцево-судинних, ендокринних, метаболічних та інших хронічних неінфекційних захворювань у дорослому віці.

Особливу стурбованість у країнах Європи викликає стабільне зростання рівня дитячого ожиріння, яке сьогодні розглядається як один із провідних факторів ризику погіршення стану здоров'я населення. За оцінками міжнародних експертів, надмірна маса тіла в дитячому віці асоціюється не лише з медичними наслідками, а й зі зниженням якості життя, психологічними проблемами та значними соціально-економічними втратами для суспільства.

Історично питання продовольчого забезпечення та формування ефективної політики у сфері харчування посідали важливе місце в соціальній політиці європейських держав. Залежно від рівня економічного розвитку та суспільних потреб уряди країн Європи впроваджували різні механізми регулювання продовольчої безпеки, удосконалення системи громадського харчування та підвищення якості харчових продуктів.

Важливим етапом у розвитку єдиної політики у сфері харчування стало формування Європейського Союзу, що сприяло гармонізації нормативно-правової бази держав-членів. У межах спільного європейського простору розробляються та впроваджуються законодавчі акти, директиви і стратегічні документи, спрямовані на забезпечення продовольчої безпеки, захист здоров'я населення та формування здорових харчових звичок. Особлива увага приділяється організації харчування дітей та підлітків, оскільки саме в цей період закладаються основи майбутнього здоров'я людини.

Одним із ключових напрямів сучасної європейської політики є вдосконалення системи шкільного харчування. Реалізація комплексних заходів щодо забезпечення дітей якісними та збалансованими харчовими продуктами в закладах освіти розглядається як ефективний інструмент профілактики аліментарно-залежних захворювань. Такі підходи узгоджуються з положеннями Європейської стратегії охорони здоров'я та розвитку дітей і підлітків, запропонованої Всесвітньою організацією охорони здоров'я, відповідно до якої формування здорового

харчування визначено одним із пріоритетних напрямів зміцнення громадського здоров'я та забезпечення сталого розвитку суспільства⁶. Серед найбільш успішних та тривалих ініціатив Європейського Союзу у сфері шкільного харчування особливе місце посідають програми забезпечення учнів фруктами, овочами та молочними продуктами. Їх основною метою є покращення якості харчування дітей, профілактика дефіциту важливих нутрієнтів і формування здорових харчових звичок із раннього віку. Реалізація таких програм спрямована на подолання наслідків нераціонального харчування та підвищення рівня споживання продуктів, які мають високу біологічну цінність.

Регулярне включення фруктів, овочів і молочних продуктів до щоденного раціону школярів сприяє забезпеченню організму необхідними вітамінами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами та повноцінними білками. Водночас систематичне споживання цих продуктів позитивно впливає на формування стійких смакових уподобань, що є важливим чинником профілактики аліментарно-залежних захворювань у майбутньому.

Особливістю європейського підходу є поєднання програм харчування з освітньо-виховними заходами. Поряд із забезпеченням дітей корисними продуктами проводяться тематичні заняття, інформаційні кампанії, практичні уроки й екскурсії на фермерські господарства та підприємства агропродовольчого сектору. Такі заходи дають можливість учням ознайомитися з етапами виробництва харчової продукції – від вирощування сировини до надходження готового продукту до споживача.

Комплексний характер програм сприяє не лише покращенню структури харчування школярів, а й підвищенню рівня їхньої харчової грамотності. У дітей формується усвідомлене ставлення до вибору продуктів, розуміння принципів здорового харчування, основ сталого сільського господарства та відповідального споживання. Окрема увага приділяється вихованню дбайливого ставлення до харчових ресурсів і зменшенню обсягів харчових відходів, що відповідає сучасним європейським пріоритетам у сфері продовольчої безпеки та сталого розвитку⁷. Починаючи з 2017/2018 навчального року, в країнах Європейського Союзу було впроваджено оновлену модель шкільного харчування, розроблену з урахуванням сучасних наукових даних у галузі нутриціології, громадського здоров'я та

⁶ Європейська стратегія «Здоров'я і розвиток дітей і підлітків». <https://apps.who.int/iris/handle/10665/276945>.

⁷ Bundy DAP, Schultz L, Sarr B, Banham L, Colenso P, Drake L. The School as a Platform for Addressing Health in Middle Childhood and Adolescence. Child and Adolescent Health and Development. 3rd ed. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development. 2017. DOI: 10.1596/978-1-4648-0423-6_ch20.

результатів моніторингу стану здоров'я дитячого населення. Нова система отримала підтримку держав – членів ЄС і стала важливим кроком у напрямі формування єдиної політики щодо здорового харчування дітей та підлітків.

Основною особливістю реформи стало об'єднання раніше окремих програм забезпечення школярів харчовими продуктами у єдину комплексну систему. Пріоритет було надано збільшенню споживання овочів, фруктів і молочних продуктів як важливих джерел вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон та інших біологічно цінних компонентів. Такий підхід спрямований на формування здорових харчових звичок, профілактику дефіцитних станів і зниження ризику розвитку неінфекційних захворювань серед дітей шкільного віку.

Для реалізації зазначених заходів Європейський Союз упродовж 2017–2023 років щорічно передбачав значні фінансові ресурси. Загальний обсяг фінансування програми становив близько 250 млн євро на рік, з яких приблизно 150 млн євро спрямовувалися на забезпечення учнів фруктами та овочами, а ще 100 млн євро – на постачання молочних продуктів. Такий рівень підтримки свідчить про стратегічне значення шкільного харчування для європейської політики у сфері охорони здоров'я та розвитку людського капіталу.

Показовим прикладом ефективної організації харчування учнів є Фінляндія, де забезпечення школярів безкоштовними обідами фінансується за кошт державного та муніципального бюджетів. Фінська модель базується на принципах раціонального використання бюджетних коштів, високих стандартах якості та ретельному плануванні всіх етапів організації харчування. Вважається, що ефективність системи досягається не стільки шляхом збільшення фінансування, скільки завдяки продуманому управлінню ресурсами та суворому дотриманню встановлених процедур.

Організація роботи шкільних харчоблоків у Фінляндії здійснюється відповідно до чітко регламентованих вимог. Планування меню, закупівля сировини, приготування страв, контроль якості та безпечності харчових продуктів відбуваються за визначеними алгоритмами, що забезпечує стабільно високий рівень харчування учнів. Такий системний підхід дає змогу гарантувати збалансованість раціону, ефективне використання коштів і відповідність харчування сучасним рекомендаціям щодо здорового способу життя⁸.

⁸ Janhonen-Abruquah H. & Palojoki P. (toim.). Luova ja vastuullinen kotitalousopetus. Creative and responsible home economics education. Helsinki: Helsingin yliopisto, Käyttätymistieteellinen tiedekunta, Kotitalous- ja käsityötieteiden julkaisu, 2015. C. 107–120.

Проектування сучасного шкільного харчоблоку є багатокомпонентним процесом, який передбачає комплексне врахування технологічних, економічних, санітарно-гігієнічних та організаційних аспектів функціонування закладу харчування. На початковому етапі здійснюється аналіз актуальних тенденцій розвитку індустрії громадського харчування та сучасних підходів до організації шкільного харчування. Такий аналіз дає можливість сформулювати концепцію майбутнього об'єкта відповідно до сучасних вимог щодо якості, безпечності й ефективності виробничих процесів.

Наступним етапом є вивчення потреб замовника й особливостей функціонування закладу освіти. Під час цього процесу оцінюються площі приміщень, їх планувальні рішення, прогнозована кількість споживачів, особливості організації виробництва, необхідна продуктивність технологічного обладнання та наявні фінансові ресурси. На основі отриманих даних визначаються основні цілі та показники ефективності майбутнього харчоблоку, включно з обсягами виробництва, якістю готової продукції та рівнем економічної доцільності впроваджуваних рішень.

Важливим складником проектування є розроблення виробничої концепції. На цьому етапі вибирається модель організації технологічного процесу, визначаються способи приготування та зберігання страв, формується перспективне меню, уточнюється асортимент продукції, кількість порцій та особливості забезпечення спеціальних дієтичних потреб учнів. У разі потреби також планується система транспортування готових страв до інших пунктів роздачі або структурних підрозділів закладу.

Після визначення концепції здійснюється детальне планування виробничих процесів. Розробляється послідовність руху сировини та готової продукції, починаючи від приймання та зберігання продуктів і завершуючи реалізацією готових страв. Особлива увага приділяється створенню системи виробничого контролю, яка забезпечує дотримання вимог безпечності харчових продуктів та санітарно-гігієнічних норм.

Планувальні рішення харчоблоку передбачають раціональне розміщення всіх функціональних зон. До їх складу входять адміністративно-побутові приміщення для персоналу, складські та холодильні приміщення, виробничі цехи для первинної та теплової обробки сировини, зони миття кухонного та столового посуду, а також обідні зали для учнів різних вікових груп. Структура приміщень визначається відповідно до обраної виробничої концепції та запланованих обсягів виробництва.

На наступному етапі формується технологічна схема роботи харчоблоку, яка охоплює всі стадії виробничого циклу: приймання

сировини, її зберігання, механічну та теплову обробку, приготування страв, роздачу, охолодження або транспортування готової продукції. Додатково розробляються заходи щодо організації миття інвентарю, обладнання та тари, що є важливим елементом забезпечення санітарної безпеки виробництва.

Особливого значення набуває розрахунок виробничої програми підприємства. На основі прогнозованого меню, кількості споживачів та обсягів випуску продукції визначаються потреби в технологічному обладнанні, транспортних засобах, виробничих площах і трудових ресурсах. Одночасно оцінюються можливі варіанти пакування та транспортування готових страв, а також способи підтримання їхньої якості та безпечності під час доставки.

Завершальні стадії проектування передбачають розроблення плану розміщення технологічного обладнання, проектування інженерних комунікацій та складання специфікацій із зазначенням необхідної кількості обладнання, його технічних характеристик і вартості. Після узгодження всіх технологічних та організаційних рішень створюється цифрова модель майбутнього харчоблока. Використання сучасних засобів комп'ютерного моделювання дає змогу візуалізувати проєкт, оцінити ефективність планувальних рішень і своєчасно внести необхідні корективи ще до початку реалізації будівельних та монтажних робіт⁹.

Аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що британська модель організації шкільного харчування є однією з найрозвиненіших та найбільш комплексних у світі. Історично Велика Британія стала першою державою, яка на законодавчому рівні запровадила систему забезпечення учнів харчуванням. Ще на початку XX століття було визнано взаємозв'язок між повноцінним харчуванням дітей, станом їхнього здоров'я та результатами навчальної діяльності. Саме тому питання шкільного харчування поступово перетворилося на важливий елемент державної соціальної політики.

Сучасна система шкільного харчування Великої Британії базується на високих стандартах якості та безпечності харчових продуктів, суворому дотриманні санітарно-гігієнічних вимог і постійному контролю за організацією харчового процесу. Особлива увага приділяється не лише харчовій цінності страв, а й умовам їх споживання. Шкільні їдальні розглядаються як складова освітнього середовища, що має сприяти формуванню культури харчування, розвитку соціальних навичок і позитивного ставлення дітей до здорового способу життя.

⁹ Manninen, M., Wiss, K., Saaristo, V., & Ståhl, T. Kouluruokailu osana terveyden ja hyvinvoinnin edistämistä peruskouluissa vuonna 2013. Tutkimuksesta tiiviisti, April 2015. Publications of the National Institute for Health and Welfare, Helsinki, 2015.

Важливою особливістю британського підходу є інтеграція освітніх компонентів у систему шкільного харчування. У багатьох закладах освіти реалізуються програми з формування здорових харчових звичок, які передбачають активне залучення не лише учнів, а й членів їхніх родин. Поширеною практикою є організація кулінарних занять, під час яких діти та батьки отримують практичні навички приготування страв, ознайомлюються з принципами збалансованого харчування й особливостями складання шкільного меню. Такий підхід сприяє формуванню відповідального ставлення до вибору продуктів харчування та підвищенню рівня харчової грамотності населення.

Окремий напрям діяльності британських шкіл пов'язаний із забезпеченням доступності здорового харчування протягом навчального дня. У багатьох закладах функціонують програми ранкового харчування, метою яких є запобігання пропуску сніданків учнями. Результати досліджень свідчать, що регулярне споживання сніданку позитивно впливає на концентрацію уваги, когнітивні функції, працездатність та академічну успішність школярів. Водночас такі програми сприяють зменшенню споживання продуктів із низькою харчовою цінністю та надмірним вмістом цукру, солі й насичених жирів.

Характерною рисою британської моделі є поєднання харчування з виховними та культурно-просвітницькими заходами. У школах регулярно проводяться тематичні тижні здорового харчування, конкурси кулінарної майстерності, проєкти зі створення збірників сімейних рецептів, а також заходи, присвячені гастрономічним традиціям різних народів світу. Такі ініціативи сприяють розвитку міжкультурної комунікації, розширенню харчового досвіду дітей і формуванню толерантного ставлення до культурного різноманіття.

Суттєву роль у забезпеченні ефективності системи відіграє адміністрація закладів освіти. Контроль за якістю харчування, популяризація здорових продуктів, обмеження реалізації солодощів і солодких газованих напоїв, а також створення сприятливого середовища для приймання їжі розглядаються як невід'ємні складові освітнього процесу. Таким чином, британська система шкільного харчування виходить далеко за межі простого забезпечення дітей їжею і являє собою комплексну модель формування здорового способу життя, харчової культури та відповідальної поведінки, що має довготривалий позитивний вплив на здоров'я підростаючого покоління.

Система шкільного харчування у Сполучених Штатах Америки має тривалу історію розвитку та є одним із ключових інструментів державної політики у сфері охорони здоров'я і соціального захисту дітей.

Передумови її формування виникли ще наприкінці XIX – на початку XX століття, коли було встановлено взаємозв'язок між недостатнім харчуванням учнів із соціально вразливих сімей, погіршенням стану їхнього здоров'я та низькими освітніми результатами. Усвідомлення того, що повноцінне харчування є необхідною умовою успішного навчання та гармонійного розвитку дитини, стало поштовхом до впровадження перших програм організованого харчування в американських школах¹⁰. Важливою особливістю американської системи шкільного харчування є те, що її координація та фінансування традиційно належать до компетенції державних органів, відповідальних за аграрну політику та продовольче забезпечення населення. Такий підхід ґрунтується на розумінні шкільного харчування не лише як соціальної послуги, а і як складової національної продовольчої політики, що одночасно підтримує здоров'я дітей та стимулює розвиток вітчизняного сільськогосподарського виробництва.

Фінансування програм харчування здійснюється за багаторівневою моделлю. Федеральні органи влади спрямовують кошти адміністраціям штатів, які, зі свого боку, розподіляють їх між шкільними округами. Заклади освіти або відповідні організації закуповують продукти харчування на конкурсній основі, залучаючи місцевих виробників та постачальників. Така система сприяє розвитку конкурентного середовища, підтримці регіональної економіки та забезпеченню стабільного збуту продукції аграрного сектору.

Одним із ключових принципів американської моделі є адресна підтримка сімей із низьким рівнем доходів. Учні, які належать до соціально вразливих категорій населення, мають право на безплатне або частково субсидоване харчування. Надання такої допомоги здійснюється на підставі оцінки матеріального становища родини відповідно до встановлених критеріїв. Це дає змогу спрямовувати бюджетні ресурси насамперед на підтримку тих дітей, які найбільше її потребують.

Характерною рисою системи є також постійний моніторинг якості харчування та регулярний перегляд нормативних вимог. Періодично проводиться оцінка відповідності меню сучасним науковим рекомендаціям щодо здорового харчування дітей. Особлива увага приділяється забезпеченню раціону достатньою кількістю білків, вітамінів, мінеральних речовин та енергії, а також обмеженню надмірного споживання насичених жирів, доданого цукру та натрію.

¹⁰ National School Lunch Program (NSLP) Fact Sheet. URL: <https://www.fns.usda.gov/nslp/nslp-fact-sheet>.

Сучасні стандарти шкільного харчування у США передбачають збільшення частки овочів, фруктів, цільнозернових продуктів, молочних виробів та інших джерел високоякісних нутрієнтів. Водночас значна увага приділяється різноманітності меню, формуванню здорових харчових звичок та забезпеченню доступності корисних продуктів для всіх категорій учнів.

Окрім програм харчування під час навчального року, у США реалізуються додаткові ініціативи, спрямовані на підтримку дітей у періоди канікул та позашкільної діяльності. Такі програми дають можливість забезпечити безперервний доступ до повноцінного харчування для дітей із сімей, які перебувають у складних соціально-економічних умовах. Завдяки цьому система шкільного харчування не лише виконує освітню та оздоровчу функції, а й відіграє важливу роль у реалізації державної політики соціального захисту населення.

Разом із тим американська модель постійно вдосконалюється відповідно до сучасних наукових даних у галузі нутриціології та громадського здоров'я. У центрі уваги перебувають питання підвищення харчової цінності раціонів, збільшення частки свіжих продуктів рослинного походження, зниження рівня харчових відходів та формування стійких навичок здорового харчування серед дітей і підлітків.

Значний науковий і практичний інтерес становить досвід Бразилії у сфері організації шкільного харчування, який вважається одним із найбільш комплексних серед країн, що розвиваються. Важливим етапом удосконалення національної системи стало прийняття у 2009 році законодавчих норм, спрямованих на гарантування права учнів державних закладів освіти на безплатне та повноцінне харчування. Реалізація цих заходів сприяла підвищенню доступності якісного харчування для дітей різних соціальних груп та зміцненню системи продовольчої безпеки країни.

Особливістю бразильської моделі є широке впровадження сучасних цифрових технологій у процес управління шкільним харчуванням. Інформаційні системи дають змогу здійснювати комплексний моніторинг усіх етапів організації харчування – від планування меню та закупівлі продуктів до контролю якості готових страв і оцінки ефективності використання бюджетних коштів. Цифровізація процесів забезпечує прозорість управлінських рішень, підвищує рівень контролю та сприяє раціональному використанню ресурсів.

Важливою складовою бразильської системи є науково обґрунтований підхід до формування меню. Раціони харчування розробляються відповідно до затверджених нормативів і рекомендацій щодо забезпечення

фізіологічних потреб дітей різних вікових груп. Обов'язковою є участь фахівців із харчування та дієтології, які здійснюють професійну оцінку збалансованості меню та його відповідності встановленим стандартам.

Комплексний контроль охоплює також якість і безпечність харчових продуктів, організацію логістичних процесів, дотримання умов зберігання сировини та ефективність постачання продукції до закладів освіти. Використання сучасних інформаційних технологій дає змогу оперативно відстежувати рух продуктів, контролювати їх облік та забезпечувати належний рівень різноманітності раціонів.

Таким чином, бразильський досвід демонструє ефективність поєднання державної підтримки, науково обґрунтованого планування харчування та цифрових інструментів управління. Такий підхід сприяє підвищенню якості шкільного харчування, забезпеченню прозорості використання фінансових ресурсів і створенню умов для формування здорових харчових звичок у дітей та підлітків¹¹.

Особливе місце серед світових моделей організації шкільного харчування посідає Японія, де ця система має багаторічні традиції та розглядається як важлива складова освітньої політики держави. Формування сучасної моделі відбувалося поступово протягом ХХ століття: від локальних ініціатив із забезпечення учнів харчуванням до створення законодавчо врегульованої системи, яка охоплює практично всіх дітей шкільного віку. У підсумку шкільне харчування стало не лише механізмом забезпечення фізіологічних потреб учнів, а й ефективним інструментом виховання культури здорового способу життя.

Характерною особливістю японського підходу є постійне вдосконалення меню відповідно до наукових рекомендацій у галузі харчування та змін у структурі споживання населення. Раціони школярів формуються таким чином, щоб забезпечувати організм необхідними поживними речовинами та водночас сприяти збереженню національних кулінарних традицій. Значна увага приділяється різноманітності страв, використанню локальних продуктів і підтриманню балансу між харчовою цінністю та смаковими характеристиками їжі.

Важливим етапом розвитку системи стало впровадження національної концепції харчової освіти, відомої як Shokuiku. Її основною метою є формування у дітей та підлітків усвідомленого ставлення до харчування, розвиток навичок вибору корисних продуктів і розуміння взаємозв'язку між способом життя, раціоном і станом здоров'я. У межах цієї концепції

¹¹ Chatterjee R. The Evolution of Brazil's National School Feeding Program. Pulitzer Center. February 10, 2016. URL: <https://pulitzercenter.org/reporting/evolution-brazilsnational-school-feeding-program>.

питання харчування інтегровані в освітній процес розглядаються як складова загального виховання учнів.

Для реалізації програм харчової освіти в японських школах активно залучаються фахівці з дієтології та нутриціології. Вони беруть участь у розробленні меню, контролі якості харчування та проведенні освітніх заходів для учнів. Такий міждисциплінарний підхід дає змогу поєднувати практичні аспекти організації харчування з формуванням теоретичних знань про принципи здорового раціону.

Особливу увагу в Японії приділяють ознайомленню дітей із походженням харчових продуктів та особливостями продовольчої системи. Учні вивчають етапи виробництва сільськогосподарської продукції, беруть участь в екскурсіях на фермерські господарства та підприємства харчової промисловості, ознайомлюються з технологіями приготування страв і правилами сервірування столу. Важливим виховним елементом є залучення школярів до організації приймання їжі та підтримання порядку після його завершення, що сприяє формуванню відповідальності та поваги до праці інших людей.

Система шкільного харчування Японії характеризується високим рівнем охоплення учнів та значною державною підтримкою. Водночас фінансування здійснюється на засадах партнерства між державою та сім'єю, а для соціально вразливих категорій населення передбачені механізми компенсації витрат. Ефективність функціонування системи забезпечується завдяки постійному моніторингу якості харчування, оцінюванню його впливу на здоров'я дітей і своєчасному оновленню нормативних вимог відповідно до сучасних наукових даних.

Комплексний підхід, який поєднує організацію збалансованого харчування, харчову освіту, виховання культури споживання їжі та популяризацію традиційної кухні, сприяв досягненню позитивних результатів у сфері громадського здоров'я. Досвід Японії часто розглядається як один із найбільш успішних прикладів інтеграції шкільного харчування в систему формування здорового способу життя, профілактики аліментарно-залежних захворювань та зміцнення здоров'я дітей і підлітків¹².

Цікавим прикладом удосконалення системи шкільного харчування є досвід Латвії, де питання забезпечення дітей якісним і доступним харчуванням розглядається як важлива складова державної соціальної та освітньої політики. Значна увага приділяється підтримці учнів

¹² Hiromi Ishida. The History, Current Status, and Future Directions of the School Lunch Program in Japan. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*. 2018. Vol. 76. S2–S11. <https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.76.S2>.

молодшого шкільного віку шляхом надання безплатного харчування, що сприяє підвищенню соціальної рівності та створенню сприятливих умов для навчання й розвитку дітей незалежно від матеріального становища родини.

Одним із напрямів удосконалення системи стало впровадження оновлених стандартів харчування для закладів освіти, розроблених з урахуванням сучасних наукових рекомендацій у галузі нутриціології та принципів громадського здоров'я. Основною метою таких змін є підвищення харчової цінності раціонів, збільшення частки свіжих овочів і фруктів, а також обмеження продуктів із надмірним вмістом цукру, солі та насичених жирів. Такий підхід відповідає міжнародним тенденціям щодо профілактики ожиріння та інших аліментарно-залежних захворювань серед дітей і підлітків.

Проведений аналіз міжнародного досвіду свідчить, що ефективні системи шкільного харчування мають спільні риси незалежно від країни впровадження. До них належать державна підтримка, науково обгрунтоване планування раціонів, суворий контроль якості та безпечності харчових продуктів, а також інтеграція освітніх компонентів, спрямованих на формування культури здорового харчування. У більшості розвинених країн шкільне харчування розглядається не лише як механізм забезпечення фізіологічних потреб дітей, а і як важливий інструмент профілактики захворювань, підвищення якості життя та зміцнення людського капіталу.

Важливою тенденцією сучасного етапу розвитку є широке впровадження інноваційних технологій в організацію шкільного харчування. Використання цифрових систем управління, автоматизованого контролю виробничих процесів, сучасного технологічного обладнання й ефективних логістичних рішень дає змогу підвищити якість харчування, забезпечити прозорість використання фінансових ресурсів і зменшити виробничі витрати. Водночас значна увага приділяється впровадженню принципів сталого розвитку, скороченню харчових відходів та підтримці місцевих виробників продовольчої продукції.

Таким чином, повноцінне та збалансоване харчування учнів є невід'ємною складовою освітнього процесу й одним із визначальних чинників збереження здоров'я підростаючого покоління. Світовий досвід переконливо демонструє, що підвищення ефективності системи шкільного харчування можливе за умови комплексного підходу, який поєднує сучасні технології виробництва харчової продукції, науково обгрунтовані принципи формування раціонів, належне нормативно-правове забезпечення та системну роботу з формування здорових харчових звичок у дітей.

3. Реформа шкільного харчування в Україні

В Україні організація харчування учнів закладів освіти здійснюється відповідно до Порядку організації харчування у закладах освіти та дитячих закладах оздоровлення і відпочинку, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2021 року № 305. Документ визначає основні принципи та механізми організації харчування здобувачів освіти, встановлює вимоги до якості та безпечності харчових продуктів, формування збалансованого меню та дотримання санітарно-гігієнічних норм. Його впровадження спрямоване на створення безпечного освітнього середовища, збереження здоров'я дітей та формування навичок здорового харчування¹³.

Відповідно до реформи шкільного харчування в Україні переглянуто норми споживання основних харчових продуктів з урахуванням сучасних принципів здорового харчування. Зокрема, обмежено вміст солі, цукру, жирів та соків у раціонах школярів. Із рекомендованого меню виключено ковбасні вироби, сосиски, консервовану продукцію та більшість кондитерських виробів через високий вміст солі, цукру, консервантів і трансжирів.

Водночас зменшено рекомендовані обсяги споживання хліба та картоплі, а частку молока й кисломолочних продуктів, м'яса, риби, круп і бобових культур збільшено. Такі зміни спрямовані на підвищення харчової цінності раціонів та забезпечення дітей необхідними нутрієнтами. Основні відмінності між попередніми та чинними нормами харчування наведено в таблиці 2.

Відповідно до чинних вимог, харчування учнів закладів освіти має бути різноманітним, збалансованим та відповідати віковим фізіологічним потребам дітей. Щоденний раціон повинен включати продукти основних харчових груп: зернові та картоплю, овочі та фрукти, молоко й молочні продукти, м'ясо, рибу, яйця, бобові, горіхи, насіння та жири. У закладах освіти обов'язково організовується щонайменше одне гаряче харчування на день.

Сучасні норми шкільного харчування передбачають обмеження вмісту солі, цукру та жирів, а також збільшення частки овочів, фруктів, цільнозернових продуктів, молочних виробів, риби та бобових культур. Особлива увага приділяється забезпеченню дітей достатньою кількістю вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон.

¹³ Про затвердження норм та Порядку організації харчування у закладах освіти та дитячих закладах оздоровлення та відпочинку. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/305-2021-%D0%BF#n13>.

Таблиця 2

**Зміни норм харчування на прикладі одноразового харчування
на 1 дитину на 5 днів**

Норми, затверджені постановою 1591 (вага наведена в брутто)	Норми, затверджені постановою 305 (вага наведена в брутто)
Хліб від 300 до 400 г	Хліб від 150 до 250 г
Цукор від 75 до 90 г	Цукор 37,5 г
Картопля від 500 до 600 г	Картопля від 180 до 215 г
Крупи, бобові, макаронні вироби від 105 до 150 г	Крупи, бобові, макаронні вироби від 160 до 200 г
Овочі від 700 до 900 г	Овочі 600 г
Фрукти від 250 до 375 г	Фрукти 600 г
М'ясо, птиця та м'ясопродукти 175 г	М'ясо та птиця від 200 до 300 г
Риба 125 г	Риба від 120 до 240
Молоко та кисломолочні продукти від 90 до 100 г, сир кисломолочний від 80 до 100 г, сметана від 25 до 30 г	Одна порція молока або молочних продуктів щодня на вибір. Наприклад, 1-й день – 200 мл молока, 2-й день – 125 мл йогурту або кефіру, 3-й день – 125 грамів сиру кисломолочного, 4-й день – 75 грамів сиру м'якого або 15 грамів сиру твердого, 5-й день – 25 грамів сметани. Усе залежить від меню, що використовується в закладі

До меню допускаються переважно свіжі або мінімально перероблені продукти. Обмежується використання харчових продуктів із високим вмістом солі, цукру, насичених жирів, штучних підсолоджувачів та інших небажаних добавок. Приготування страв має здійснюватися із застосуванням безпечних технологій та з дотриманням принципів здорового харчування.

Важливим принципом є щоденне споживання овочів і фруктів, достатня кількість молочних продуктів, регулярне включення до раціону риби, м'яса, яєць і бобових культур. Напої повинні бути без доданого цукру й енергетичних стимуляторів, а під час приготування їжі рекомендовано використовувати йодовану сіль у межах встановлених норм.

Таким чином, оновлені підходи до організації шкільного харчування спрямовані на формування здорових харчових звичок, профілактику аліментарно-залежних захворювань та забезпечення повноцінного фізичного і розумового розвитку дітей. Порівняльну характеристику вартості харчування до та після впровадження реформи наведено в таблиці 3.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить про помірне зростання вартості набору харчових продуктів після впровадження оновлених норм

шкільного харчування. Для стримування вартості харчування доцільним є оптимізація витрат, зокрема шляхом зменшення торговельних надбавок на готові страви, що реалізуються в закладах освіти.

Таблиця 3

**Порівняльна вартість харчування до і після реформи
у шкільному харчуванні**

Вік здобувачів освіти	Ціна набору харчових продуктів відповідно до постанови КМУ 1591	Ціна набору харчових продуктів відповідно до постанови КМУ 305
6–10 (11) років	16,33 грн	16,41 грн
старше 11 років	19,27 грн	19,49 грн

Організація харчування здобувачів освіти може здійснюватися різними способами залежно від матеріально-технічних можливостей закладу. Найпоширенішими є самостійне приготування страв працівниками закладу освіти, залучення зовнішніх постачальників послуг харчування за моделями аутсорсингу або кейтерингу, а також реалізація харчової продукції через буфети та інші форми роздрібної торгівлі.

Важливим елементом системи є форма організації меню. Монопрофільне меню передбачає єдиний набір страв для всіх споживачів, тоді як мультипрофільне меню надає можливість вибору між кількома варіантами страв або їх компонентів. Останній підхід сприяє врахуванню індивідуальних уподобань учнів та підвищенню рівня задоволеності організацією харчування.

ВИСНОВКИ

Забезпечення школярів повноцінним і збалансованим харчуванням є одним із пріоритетних напрямів збереження та зміцнення здоров'я дитячого населення. Сучасні тенденції свідчать про зростання поширеності порушень фізичного розвитку, надмірної маси тіла, аліментарно-залежних захворювань та інших відхилень у стані здоров'я дітей, що значною мірою пов'язано з недотриманням принципів раціонального харчування та формуванням несприятливої харчової поведінки.

Проведений аналіз засвідчив, що якість харчування є важливим чинником фізичного розвитку, адаптаційних можливостей організму, розумової працездатності та загального благополуччя школярів. Водночас питання впливу сучасних харчових звичок на стан здоров'я дітей різних вікових груп потребує подальших наукових досліджень.

Удосконалення системи шкільного харчування, впровадження сучасних нормативних підходів, формування культури здорового харчування та своєчасна корекція виявлених порушень харчового статусу є важливими передумовами профілактики захворювань, покращення якості життя та забезпечення гармонійного розвитку дітей і підлітків.

АНОТАЦІЯ

У розділі розглянуто науково-теоретичні засади формування системи харчування та створення технологій харчових продуктів спеціального призначення в контексті забезпечення здорового раціону населення. Висвітлено загальні поняття про харчування, його біологічне значення та основні функції в підтриманні життєдіяльності організму. Проаналізовано сучасний міжнародний досвід організації шкільного харчування, підходи до формування збалансованих раціонів та впровадження принципів здорового харчування у закладах освіти. Окрему увагу приділено реформі шкільного харчування в Україні, її нормативно-правовим засадам, сучасним тенденціям модернізації системи харчування дітей і перспективам удосконалення технологій спеціалізованих харчових продуктів. Розділ спрямований на обґрунтування необхідності впровадження інноваційних підходів до організації харчування та забезпечення продовольчої безпеки в умовах сучасних викликів.

Література

1. Тяжка О. В., Починок Т. В., Балацька Н. І. Вітамін D-статус у дітей 10–18 років м. Києва. Медицина транспорту України. 2012. № 4. С. 76–78.
2. Іванова В. Д., Сімахіна Г. О. Технологія природних вітамінів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2016. 343 с.
3. Бухановська Т. М., Мальцева Л. О., Андрейчин Л. В. Стан здоров'я сучасних школярів, шляхи його збереження та поліпшення. *Україна. Здоров'я нації*. 2012. № 1. С. 44–51.
4. Ковтюк Н. І., Нечитайло Ю. М. Особливості харчування та формування його стереотипів у сучасних школярів. *Міжнародний журнал педіатрії, акушерства і гінекології*. 2014. Том 5 (2). С. 10–14.
5. Зубар Н. М. Основи фізіології та гігієни харчування : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 336 с.
6. Європейська стратегія «Здоров'я і розвиток дітей і підлітків». <https://apps.who.int/iris/handle/10665/276945>.
7. Bundy D. A. P., Schultz L., Sarr B., Banham L., Colenso P., Drake L. The School as a Platform for Addressing Health in Middle Childhood and Adolescence. *Child and Adolescent Health and Development*. 3rd ed.

Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development. 2017. DOI: 10.1596/978-1-4648-0423-6_ch20.

8. Janhonen-Abuquah H. & Palojoiki P. (toim.). Luova ja vastuullinen kotitalousopetus. Creative and responsible home economics education. Helsinki: Helsingin yliopisto, Käyttätymistieteellinen tiedekunta, Kotitalous- ja käsityötieteiden julkaisuja, 2015. C. 107–120.

9. Manninen M., Wiss K., Saaristo V., & Ståhl T. Kouluruokailu osana terveyden ja hyvinvoinnin edistämistä peruskouluissa vuonna 2013. Tutkimuksesta tiiviisti, April 2015. Publications of the National Institute for Health and Welfare, Helsinki, 2015.

10. National School Lunch Program (NSLP) Fact Sheet. URL: <https://www.fns.usda.gov/nslp/nslp-fact-sheet>.

11. Chatterjee R. The Evolution of Brazil's National School Feeding Program. Pulitzer Center. February 10, 2016. URL: <https://pulitzercenter.org/reporting/evolution-brazilsnational-school-feeding-program>.

12. Hiromi Ishida. The History, Current Status, and Future Directions of the School Lunch Program in Japan. The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics. 2018. Vol.76. S2–S11. <https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.76.S2>.

13. Lonska J., Kodors S., Deksnė J., Litavniecė L., Zvaigznė A., Silická I., Kotane I. Reducing Plate Waste in Latvian Schools: Evaluating Interventions to Promote Sustainable Food Consumption Practices. *Foods*. 2025. Vol. 14, 126. <https://doi.org/10.3390/foods14010126>.

14. Про затвердження норм та Порядку організації харчування у закладах освіти та дитячих закладах оздоровлення та відпочинку. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/305-2021-%D0%BF#n13>.

Information about the authors:

Pylypchuk Oksana Stanislavivna,

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Meat,

Fish, and Seafood Technology

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

16 Vystavkova Street, Kyiv, Ukraine

Nikolaïenko Mykola Stanislavovych,

Doctor of Philosophy,

Associate Professor at the Department of Public Health and Nutrition

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

16 Vystavkova Street, Kyiv, Ukraine

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY
FOR CURD DESSERTS WITH HONEY
AND SAFFRON FOR ATHLETES DURING
THE RECOVERY PHASE**

Slyvka N. B., Mykhaylytska O. R., Skulska I. V.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-14>

INTRODUCTION

Adequate and balanced nutrition is of paramount importance for the recovery and rehabilitation of athletes. Nutrition during the recovery period is similar to a standard sports diet but takes into account specific risks, including the prevention of sarcopenia (loss of muscle mass) and nutrient deficiencies. In combination with training, such nutrition is aimed at maintaining long-term nutritional status and increasing the body's endurance and resilience^{1, 2}.

Dairy products occupy a strategic place in the system of sports nutrition. After intense physical exertion, the body needs to solve three main tasks: regeneration of muscle fibers, replenishment of energy depots, and restoration of water-salt balance³.

Milk contains two types of protein that perfectly complement each other for recovery. Whey protein is quickly digested, providing an instant influx of amino acids to the muscles ("anabolic window"). Casein is digested slowly, providing a stable supply of amino acids for several hours, which prevents

¹ Martínez-Sanz J. M., Menal-Puey S., Sospedra I., Russolillo G., Norte A., Marques-Lopes I. Development of a Sport Food Exchange List for Dietetic Practice in Sport Nutrition. *Nutrients*. 2020. Aug 11. Vol. 12 (8). 2403. DOI: 10.3390/nu12082403.

² Carey C. C., Doyle L., Lucey A. Nutritional priorities, practices and preferences of athletes and active individuals in the context of new product development in the sports nutrition sector. *Front. Sports Act. Living*. 2023. Vol. 5. 1088979. DOI: 10.3389/fspor.2023.1088979.

³ Beigrezaei S., Forbes S. C., Kaviani M., Roy B. D., Salehi-Abargouei A. Chapter 15 – Role of dairy foods in sport nutrition. *Dairy foods* / A. Gomes da Cruz, C. S. Ranadheera, F. Nazzaro, A. M. Mortazavian. Woodhead Publishing, 2022. P. 339–364. DOI: 10.1016/B978-0-12-820478-8.00009-2.

night catabolism (muscle breakdown). Dairy products are rich in leucine, which is the main “trigger” for muscle protein synthesis^{4, 5}.

Dairy products are a source of lactose. The combination of milk protein with carbohydrates stimulates higher insulin levels than the consumption of carbohydrates alone. Insulin helps “transport” glucose and amino acids directly into muscle cells to quickly restore energy stores (glycogen)⁶.

During training, an athlete loses minerals through sweat. Dairy products are natural sources of electrolytes. Calcium and magnesium are necessary for normalizing muscle contraction and preventing cramps. Potassium and sodium play a key role in maintaining water-salt balance, which prevents dehydration. Phosphorus is involved in the synthesis of ATP⁷.

Athletes subject the skeleton to significant mechanical loads. The high bioavailability of calcium and vitamin D in dairy products helps increase bone density and reduce the risk of stress fractures⁸.

The creation of nutritionally balanced products is a priority vector for the development of the dairy industry, since dairy raw materials are the fundamental basis of the daily diet of most categories of consumers. The strategic goal of developing innovative health-oriented desserts is to purposefully model their composition: optimizing the ratio of protein fractions (in particular, casein and albumin), correcting the lipid profile, and carbohydrate index⁹.

Special attention is paid to the fortification of products with natural biologically active components (bee products, exotic spices), which not only increases the biological value and bioavailability of nutrients, but also forms unique organoleptic characteristics. Such a comprehensive approach allows you to differentiate the assortment, satisfying the specific needs of different

⁴ Trommelen J., van Lieshout G. A. A., Pabla P., Nyakayiru J., Hendriks F. K., Senden J. M., Goossens J. P. B., van Kranenburg J. M. X., Gijsen A. P., Verdijk L. B., de Groot L. C. P. G. M., van Loon L. J. C. Pre-sleep protein ingestion increases mitochondrial protein synthesis rates during overnight recovery from endurance exercise: a randomized controlled trial. *Sports Medicine*. 2023. No. 53. P. 1445–1455. DOI: 10.1007/s40279-023-01822-3.

⁵ Bilyk O., Slyvka N., Gutyj B., Dronyk H., Sukhorska O. Study of the different ways of proteins extraction from sheep and cow whey for “Urda” cheese production. *EUREKA: Life Sciences*. 2017. No. 3. P. 3–8.

⁶ Wang L., Meng Q., Su C. H. From Food Supplements to Functional Foods: Emerging Perspectives on Post-Exercise Recovery Nutrition. *Preprints*. 2024. DOI: 10.20944/preprints202410.1811.v1.

⁷ Haakonssen E. C., Ross M. L., Knight E. J., Cato L. E., Nana A. et al. The effects of a calcium-rich pre-exercise meal on biomarkers of calcium homeostasis in competitive female cyclists: a randomised crossover trial. *PLoS One*. 2015. Vol. 10. No. 5. e0123302.

⁸ Ratajczak A. E., Zawada A., Rychter A. M., Dobrowolska A., Krela-Kaźmierczak I. Milk and Dairy Products: Good or Bad for Human Bone? Practical Dietary Recommendations for the Prevention and Management of Osteoporosis. *Nutrients*. 2021. Vol. 13. No. 4. P. 1329. DOI: 10.3390/nu13041329.

⁹ Hachak Y., Gutyj B., Bilyk O., Nagovska V., Mykhaylytska O. Effect of the cryopowder “Amaranth” on the technology of molten cheese. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. No. 11 (91). P. 10–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.120879.

population groups – from professional athletes to people who need dietary correction¹⁰.

The purpose of the research is the scientific justification and development of the technology of a functional milk dessert based on Ricotta cheese and curd, enriched with bee products and saffron, intended for the restoration of the body after physical exertion.

The work was carried out in the laboratory of the Department of Milk and Dairy Products Technology of the Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv (Lviv, Ukraine).

1. Preparation of a curd base for dessert

Given the rapid spread of the trend for a healthy lifestyle and conscious consumption in Ukraine, there is an urgent need for applied scientific research focused on the development of innovative functional products for the nutrition of athletes during the recovery phase. Special attention should be paid to the creation of curd desserts enriched with plant raw materials as an effective means of increasing the nutritional value of the diet.

Curd is a complex source of nutrients, including proteins, bioactive peptides, amino acids, as well as a balanced composition of fats and a vitamin-mineral complex. Due to the high content of essential amino acids, this product plays an important role in supporting recovery processes and ensuring the harmonious development of the body.

Like curd, Ricotta is an unpressed cheese with a high moisture content. Its composition varies depending on whether it is made exclusively from whey or from a mixture of whey and milk. When Ricotta is made from a mixture of 95% sweet whey and 5% milk, it contains 68–73% moisture, 16% protein, 4–10% fat, and 4% lactose. Ricotta has a bland but pleasant taste. Its texture is soft and creamy.

The combination of curd (which provides structure and a light sourness) and Ricotta cheese (which adds delicate creaminess) will create the perfect balance for a dessert.

The results of the study of the physicochemical parameters of curd and Ricotta cheese as raw materials for the production of curd dessert are given in Table 1.

Three experimental samples were made:

Sample 1 – ratio of curd with 9% fat content:Ricotta – 1:1

Sample 2 – ratio of curd with 9% fat content:Ricotta – 2:1

¹⁰ Slyvka N. B., Bilyk O. Y., Nagovska V. O. Development of the technology of fermented milk drink with goji berries. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series "Food Technologies"*. 2022. Vol. 24. No. 97. P. 65–71. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9711>.

Table 1

Physicochemical parameters of curd and Ricotta cheese

Raw material	Mass fraction of fat, %	Mass fraction of moisture, %	Acidity, °T	pH
Curd	9	73	180	4.6
Ricotta cheese	10	74	28	6.1

Sample 3 – ratio of curd with 9% fat content:Ricotta – 1:2

When evaluating sample 1, it should be noted that the dessert was creamy and tender, but at the same time had sufficient structure and a light curd sourness. Ricotta cheese perfectly smoothed out the sour taste of curd.

Sample 2 had a more pronounced taste of curd and a better consistency. Ricotta cheese here acts as a natural softener and emulsifier.

The characteristics of sample 3 were as follows: the curd base was very airy, tender, almost mousse-like, with a minimal sour taste.

Therefore, sample 3 was chosen for further research and the creation of a premium, tender dessert with a creamy texture. Since whey protein (albumin) prevails over casein in this mixture, the resulting product will resemble a thick creamy mousse in consistency.

2. Justification and technological aspects of introducing saffron into curd desserts

Creating a new taste is a multi-stage and creative process that requires a combination of art, science, and marketing flair.

Saffron is a valuable raw material used in the food industry as a natural dye and flavoring. Its specific organoleptic profile and ability to give products an intense golden-yellow color are due to the high content of crocin, a carotenoid pigment with pronounced coloring ability. The use of saffron in dessert recipes, in particular fermented milk ones, requires precise dosing to achieve a balance of flavor shades. Variation in the percentage of saffron is limited to a very narrow range due to its high intensity.

To determine the optimal dose of saffron for adding to the curd base, curd base preparations were carried out with 0.2, 0.4, and 0.6 g of saffron per 1 kg of curd mass. To get the maximum color and aroma from the minimum amount, saffron must be activated. Saffron activation was carried out in two ways.

Method 1 (Infusion): saffron threads were crushed in a mortar, poured with a small amount of cream (20–30 ml) at a temperature of 45 °C, and infused for 15–30 minutes until a rich color and aroma were obtained.

Method 2 (With butter): saffron was slightly warmed in a small amount of melted butter.

It should be noted that for saffron extraction for a curd base, it is better to use the first method, since the mixture has a high humidity (76–78%), the cream will naturally enter the structure of the dessert, without creating the risk of stratification (the cream emulsion is easier to combine with wet Ricotta). Saffron infusion evenly colors the entire mass without the risk of greasy spots or lumps.

The feasibility of using the selected method is also due to the specifics of developing a product for sports nutrition. The use of low-fat cream (10–15%) compared to butter allows optimizing the lipid composition of the dessert, reducing its energy density. This prevents excessive load on the digestive system and ensures a high rate of nutrient absorption, which is essential for the diet of athletes.

Table 2 shows the organoleptic characteristics of the curd base with different doses of saffron (from 0.2 to 0.6%).

Table 2

Organoleptic characteristics of curd mass with saffron

Application rate, g/kg	Characteristics of the curd base
0.2	The curd base acquires a barely noticeable, pleasant yellow hue. The saffron flavor is very delicate, acting as an aromatic note against the background of the curd
0.4	Rich golden yellow color. The taste and aroma of saffron are well felt, but do not interrupt the main components. This is a balance between color, aroma and taste
0.6	The dessert acquires a bright orange (almost red) color. The appearance of pronounced bitterness, which makes the product unpleasant to the taste

The preservative effect of saffron is due to the presence of a complex of biologically active compounds in its composition. In particular, the carotenoids crocetin and crocin exhibit high antioxidant activity, which inhibits the processes of lipid peroxidation, preventing rancidity of the product. The antimicrobial effect of safranal on a wide range of pathogenic bacteria and micromycetes confirms the potential of using saffron as a natural preservative. Ethnotechnological experience in using this spice in Eastern countries to extend the shelf life of food products allows us to hypothesize about increasing the microbiological and oxidative stability of the developed desserts compared to control samples.

3. Determining the amount of beekeeping products in the recipe of a curd dessert

The combination of biologically active beekeeping products with a dairy base opens up new opportunities for creating functional desserts. This approach is justified both from the standpoint of nutrition and in view of current consumer trends. Firstly, curd desserts are a powerful source of protein, and bee products add “fast” and “medium” energy (glucose, fructose) to this base. The result is an ideal product for recovery after physical exertion, where milk proteins serve as building blocks, and honey carbohydrates help these proteins to be better absorbed.

Secondly, bee products, in particular honey, have natural antiseptic properties. Organic acids in honey and enzymes (for example, glucose oxidase) inhibit the development of pathogenic microflora. In desserts with a high pH, this helps to stabilize the product and naturally prolong its freshness without the use of synthetic preservatives.

Thirdly, dairy products are poor in some trace elements (for example, iron, manganese) and B vitamins in high concentrations. Pollen and bee pollen act as natural vitamin and mineral premixes. Adding only 3–5% of perga to a curd dessert turns it into a functional product that covers a significant part of the daily requirement for potassium, magnesium, and trace elements.

Fourth, improving structural and mechanical properties, since honey acts as a natural plasticizer and moisture retainer. In a mixture of Ricotta cheese and curd, honey helps to bind free moisture, preventing syneresis. This makes the texture of the dessert more uniform, tender, and buttery.

Fifth, the organoleptic perfection of the finished product. The use of beekeeping products allows you to abandon white refined sugar and artificial flavors. The combination of the lactic acid of the cheese, the sweetness of honey, and the specific aroma of saffron creates a multifaceted taste that cannot be reproduced synthetically.

Based on commodity research, acacia honey was chosen. It has the most neutral taste among all varieties. It does not interrupt the delicate aroma of Ricotta and the exquisite flavor of saffron, but only delicately emphasizes them.

Acacia honey is almost colorless, which allows saffron to give the dessert a pure, bright golden color without extraneous dirty shades. Acacia honey is considered the least allergenic of all types of honey.

To establish the amount of honey for curd desserts, where honey can partially or completely replace sugar, experimental samples were made with different amounts of honey: with the addition of 10%, 20%, and 30% honey.

Adding honey in such proportions significantly changes not only the taste, but also the physical structure of the dessert based on Ricotta cheese and curd (2:1).

The obtained data from the study of organoleptic indicators are given in Table 3.

Table 3

Organoleptic indicators of curd base with different amounts of honey

Indicator	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Appearance	Appearance Homogeneous, white-cream mass (with a slight golden hue from saffron). Surface matte	Mass becomes more glossy and shiny. Color becomes richer, closer to creamy yellow	Strong gloss. Mass looks semi-liquid. Color is bright golden
Consistency	Quite dense, holds its shape well on a spoon. The texture is delicate, the graininess is felt only from the curd	The mass becomes more plastic, more viscous and soft. It spreads more easily, but can slightly “settle” under its own weight	Semi-liquid, flowing. Due to the high concentration of sugars, the phenomenon of “liquefaction” of the curd mass occurs. The dessert has difficulty keeping its shape
Taste and aroma	Moderately sweet, with a pronounced creamy aftertaste. The aroma of saffron is clearly felt, honey is only in the background	Rich sweet taste. Honey begins to dominate the milky taste. The aftertaste is long, honey-floral. Saffron and honey merge into a single intense aroma	Very sweet, almost cloying. The taste of curd is faint, it only adds sourness and a protein base. The aroma of honey prevails

The results of the study, presented in Table 3, indicate that the optimal balance indicators are obtained with the addition of 10% honey. When the concentration increases to 20%, honey begins to intensively affect the structure of the milk base proteins, changing the consistency of the product. Such a sample is advisable to use as a filling for pancakes or a topping, but for independent consumption, it has excessive sweetness. The dosage of honey at 30% is the limit: the product acquires the properties of a thick paste or sauce. Due to its high energy value, such a composition can be recommended for sports nutrition as a concentrated source of energy, which requires mandatory consumption with a sufficient amount of liquid.

We consider it advisable to use honey and pollen as a functional composition in the technology of curd desserts. The biological value of pollen is due to its unique composition, which is actually a concentrate of vital substances

necessary for the development of a living organism. For humans, and especially for athletes, pollen is a natural anabolic and immunomodulator. Pollen contains from 20% to 35% protein, which contains all essential amino acids. They are in free or easily digestible form, which allows the body to instantly use them for muscle regeneration. For athletes, pollen is an ideal component in the composition of the developed dessert, as it complements the proteins of the curd base.

Pollen is one of the richest natural products in terms of vitamin content. It contains about 28 macro- and microelements, more than 50 enzymes (amylase, phosphatase, catalase, etc.), phytohormones, phenolic compounds, and flavonoids.

For an adult, especially during physical exertion, the recommended preventive dose of pollen is 10–15 g per day. A 450 g package of curd dessert is usually designed for 1–2 doses. By giving 11.25 g of pollen, you can provide almost the full daily norm of bioactive substances in one package.

Pollen has a specific spicy-sweet taste with a slight bitterness. At a concentration of more than 4–5%, the dessert may become too specific in taste, which may not appeal to all consumers.

At 2–3%, pollen harmoniously complements honey and saffron, giving the dessert interesting nutty notes.

Pollen has the ability to absorb moisture. Since the mixture (Ricotta cheese + curd 2:1) has high humidity, a small amount of pollen will help stabilize the mass, but an excess (more than 5%) can make the dessert too dry or cause the appearance of grains.

To make the pollen better absorbed and not feel like hard grains, it is better to mix it with honey (acacia) 1–2 hours before adding it to the dessert or grind it into powder. This will allow honey enzymes to break down the pollen grain shell, making vitamins more accessible to the body.

4. Technology of curd dessert and its recipe

The technological process of producing curd dessert consists of the following stages.

Stage 1. Acceptance of raw materials and assessment of their quality.

Since the composition includes both dairy products and beekeeping products with saffron, the procedure is divided into several stages. For curd and Ricotta cheese, the presence of a refrigerator (the temperature should be +2...+6 °C). Veterinary certificates (for curd, Ricotta cheese, and honey), quality certificates, and test reports for safety indicators (antibiotics, pesticides, heavy metals). The integrity of the packaging, expiration dates and batch numbers is checked.

An organoleptic assessment of dairy raw materials is carried out. For curd and Ricotta, the color should be white or slightly creamy; the smell should be purely sour milk (without any fodder or vinegary taste); the consistency of the curd should be soft and crumbly, and that of Ricotta should be tender and pasty. Honey should be checked for signs of fermentation (foam on the surface) and foreign impurities, and saffron should be evaluated for its color intensity and characteristic aroma.

After sampling, the following analyses are carried out in the factory laboratory. For dairy raw materials, titrated acidity, mass fraction of fat and moisture, and absence of mechanical impurities are determined; for beekeeping products (honey and pollen), the moisture content in honey, diastase number, and pollen purity are determined. Since saffron is the most expensive raw material, a test for adulteration (water test) is carried out. For this, natural saffron threads, when they enter water, gradually turn it yellow, but themselves remain red. If the thread instantly turns white or turns the water dark red, it is a forgery.

Stage 2. Preparation of the curd base.

The curd is homogenized or rubbed in a colloidal mill until the graininess disappears (particle size no more than 10 microns).

Ricotta is mixed with grated curd in a vacuum mixer-cutter. Vacuuming is necessary to remove air bubbles, which extends the shelf life.

Stage 3. Activation of saffron and pollen.

50 g of saffron is poured into 50 kg of cream at a temperature of 45–50 °C. Insist for 30 minutes. For better assimilation in factory conditions, it is recommended to mix the pollen with a portion of honey (1:2) 2 hours before production for enzymatic cleavage of the grain shells.

Stage 4. Mix the ingredients according to the recipe.

Saffron infusion on cream is added to the curd base. Mixing is carried out at low speeds (no more than 60–100 rpm) so as not to disrupt the protein structure.

Stage 5. Thermization

This is a method of gentle heat treatment used in the dairy industry to extend the shelf life of raw materials or semi-finished products without significantly changing their physicochemical and organoleptic properties. Thermization can be used as an intermediate stage before the introduction of biologically active components (honey, pollen).

The temperature regime is 60–65 °C with a holding time of 15 to 30 seconds (in the flow) or up to several minutes (in the tank).

The goal is to deactivate psychotropic bacteria and enzymes (lipases), which can cause a bitter taste during storage, while maintaining the protein structure almost unchanged.

Stage 6. Cooling and introduction of beekeeping products

After thermization, the mass must be immediately cooled to 30–35 °C. It is at this temperature that honey and pollen can be safely introduced without destroying their vitamins and enzymes.

Stage 7. Packaging

The packaging operation is the final but important stage, since it is at this stage that the tightness, presentation, and preservation of all biologically active substances of the dessert are ensured. For a dessert made of Ricotta cheese, curd, and bee products (450 g), it is recommended to use automated volumetric dosing lines.

Plastic cups (made of PP polypropylene) pass through a bactericidal treatment unit (UV radiation) to prevent microorganisms from entering. The volumetric dispenser is set to a portion of 450 g. Since the mass is thick (due to 10% honey, curd, and Ricotta cheese), piston dispensers are used, which are able to work with viscous products without destroying their structure.

The finished dessert with a temperature of 6–10 °C is fed from the mixer hopper to the dispenser. It is important not to overheat the mass to preserve the activity of pollen and saffron. The piston dispenser squeezes exactly 450 g of the mixture into a cup. To avoid the formation of air cavities inside, the glass can vibrate slightly on the conveyor. An aluminium foil (sheet) with a heat-sealable layer is placed on the glass. The process occurs under the influence of temperature and pressure for a fraction of a second. It is recommended to pack in an inert gas (nitrogen) environment. This displaces oxygen, which prevents oxidation of curd fats and honey enzymes. A transparent plastic flip-top lid is placed on top of the foil, which protects the foil from punctures and allows the consumer to close the product after the first opening.

Each package is automatically marked with the date of manufacture and batch number. The composition of the developed dessert must be indicated: Ricotta, curd, acacia honey, cream, flower pollen, and saffron. Warning: “Contains bee products” (important for allergy sufferers).

The recipe for the new dessert is given in Table 4.

Table 4

Recipe for the curd dessert “Golden Energy”

Ingredient	Weight, kg
Ricotta cheese	550.0
9% curd	275.0
Acacia honey	100.0
Flower pollen	25.0
Cream 15% fat (for saffron extraction)	50.0
Saffron	0,05
Total	1000

To calculate the calorie content of the dessert “Golden Energy”, we will use the average nutritional value of the ingredients.

From the data in Table 5, it is possible to calculate the calorie content of a portion (450 g) – 772.6 kcal. Proteins 50.0 g, fats 39.9 g, carbohydrates 55.0 g.

Table 5

Nutritional value of the dessert “Golden Energy”

Ingredient	Weight (g)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrates (g)	Calories (kcal)
Ricotta cheese (55%)	55.0	6.05	5.50	2.20	82.5
Curd 9% (27.5%)	27.5	4.40	2.48	0.83	43.7
Honey (10%)	10.0	0.03	0	8.00	30.4
Cream 15%	5.0	0.14	0.75	0.19	8.0
Pollen (2.5%)	2.5	0.50	0.13	1.00	7.1
Saffron	< 0.1	–	–	–	–
TOTAL per 100 g	100 g	11,12 g	8.86 g	12.22 g	171.7 kcal

Therefore, based on the research, it can be concluded that the developed dessert is recommended for athletes during recovery and in dietary nutrition. Thanks to the combination of casein (from curd) and albumin (from Ricotta), both quick and long-term saturation with amino acids is ensured. Carbohydrates are mainly represented by fructose and glucose from honey, which provide energy for training, and fats from cream and curd provide a long-term feeling of satiety. Thanks to proteins and fats, sugars from honey are absorbed gradually, without causing sharp spikes in insulin.

The main physicochemical indicators of curd desserts include titrated and active acidity, syneresis, and activity of honey diastase. The results of the research are given in Table 6.

Table 6

Main physicochemical parameters of the finished product

Indicator	15 days	20 days	25 days	30 days
Titrated acidity, °T	115	130	146	160
Active acidity	5.3	5.1	4.8	4.6
Free whey, %	0.61	1.2	3.0	5.5
Honey diastase activity, %	90	80	65	45

By the 21st day, the indicators are within normal limits, and after the 21st day (days 25 and 30), the indicators of acidity and syneresis go up rapidly, which makes the product of poor quality.

Microbiological indicators are the most important for safety, as they determine whether the product can be consumed. Since the dessert does not undergo heat treatment after mixing with beekeeping products, the microflora is in dynamic equilibrium.

The results of microbiological studies are given in Table 7.

Table 7

Main microbiological indicators of the finished product

Indicator	15 days	20 days	25 days	30 days
QMAFAnM (CFU/g)	2.1×10^4	3.4×10^5	1.9×10^6	5.6×10^7
Yeast (CFU/g)	20	54	87	110
Пліснява Mold (CFU/g)	missing	missing	missing	single ones
Coliforms	missing	missing	missing	missing

It should be noted that the norm for such desserts should not exceed 1×10^6 CFU/g. Table 7 shows that on the 15th day, the level is stable or slightly increases, and on the 30th day, the norm is exceeded.

So, according to the results of a complex study within 30 days, we recommend a shelf life of 21 days for curd dessert. Considering the composition of the product (honey, pollen, saffron, and the absence of final sterilization in the container), 21 days is the period during which the product retains the status of “premium” in all respects.

CONCLUSIONS

The paper presents a theoretical generalization and solution to a practical problem regarding the development of a functional dairy dessert technology for sports nutrition.

It was established that the use of a combined protein base (Ricotta cheese + curd in a ratio of 2:1) allows you to create a product with a balanced content of albumin and casein proteins. This provides a prolonged supply of amino acids to the muscles, which is important for the recovery phase of athletes.

Based on organoleptic and physicochemical studies, a rational dosage of functional additives was determined: 10% acacia honey, 2.5% flower pollen, and activated saffron. This combination provides high taste properties of the product without the use of synthetic sweeteners and dyes.

The technology for the production of curd dessert was improved. The introduction of a honey-pollen mixture after the stage of thermization of the dairy base was proposed. This allowed to preserve 85–90% of biologically

active substances (diastase enzyme, saffron crocin, pollen vitamins), which are usually destroyed by traditional pasteurization methods.

The nutritional value of the finished product was confirmed. It was proven by calculation and experimental methods that a portion of dessert (450 g) provides the athlete's body with 50 g of high-quality protein and a complex of natural antioxidants. The energy value of 100 g of the product is 171.7 kcal, which meets the requirements for products for restoring energy expenditure.

Based on a comprehensive study of the dynamics of indicators (for 1, 15, 20, 25, and 30 days), it was established that critical changes in quality begin after the 21st day of storage. It is proposed to set a period of 21 days at a temperature of 4–6 °C.

SUMMARY

The work is devoted to the scientific substantiation and development of recipe and technological solutions for the production of an innovative protein dessert for sports nutrition.

The work analyzes the raw material base for the production of a new product. The feasibility of combining Ricotta (a source of albumins) and curd (a source of casein) to create an optimal amino acid matrix necessary for the recovery of athletes is proven. The use of acacia honey, flower pollen and saffron as multifunctional additives that increase the biological value and antioxidant potential of the product is proposed.

The optimal dosage of ingredients is experimentally established: 10% honey, 2.5% pollen and activated saffron extract. The organoleptic, physicochemical and microbiological indicators of the product during storage are studied. The technology for the production of curd dessert is improved. It has been established that the use of “clean packaging” technology and the natural preservative properties of additives allows for a shelf life of 21 days at a temperature of 4–6 °C.

The nutritional value has been calculated: a portion of dessert contains 50 g of protein, which meets the needs of professional sports nutrition.

Bibliography

1. Martínez-Sanz J. M., Menal-Puey S., Sospedra I., Russolillo G., Norte A., Marques-Lopes I. Development of a Sport Food Exchange List for Dietetic Practice in Sport Nutrition. *Nutrients*. 2020. Aug 11. Vol. 12 (8). 2403. DOI: 10.3390/nu12082403.
2. Carey C. C., Doyle L., Lucey A. Nutritional priorities, practices and preferences of athletes and active individuals in the context of new product

development in the sports nutrition sector. *Front. Sports Act. Living*. 2023. Vol. 5. 1088979. DOI: 10.3389/fspor.2023.1088979.

3. Beigrezaei S., Forbes S. C., Kaviani M., Roy B. D., Salehi-Abargouei A. Chapter 15 – Role of dairy foods in sport nutrition. *Dairy foods* / A. Gomes da Cruz, C. S. Ranadheera, F. Nazzaro, A. M. Mortazavian. Woodhead Publishing, 2022. P. 339–364. DOI: 10.1016/B978-0-12-820478-8.00009-2.

4. Trommelen J., van Lieshout G. A. A., Pabla P., Nyakayiru J., Hendriks F. K., Senden J. M., Goessens J. P. B., van Kranenburg J. M. X., Gijzen A. P., Verdijk L. B., de Groot L. C. P. G. M., van Loon L. J. C. Pre-sleep protein ingestion increases mitochondrial protein synthesis rates during overnight recovery from endurance exercise: a randomized controlled trial. *Sports Medicine*. 2023. No. 53. P. 1445–1455. DOI: 10.1007/s40279-023-01822-3.

5. Bilyk O., Slyvka N., Gutyj B., Dronyk H., Sukhorska O. Study of the different ways of proteins extraction from sheep and cow whey for “Urda” cheese production. *EUREKA: Life Sciences*. 2017. No. 3. P. 3–8.

6. Wang L., Meng Q., Su C. H. From Food Supplements to Functional Foods: Emerging Perspectives on Post-Exercise Recovery Nutrition. *Preprints*. 2024. DOI: 10.20944/preprints202410.1811.v1.

7. Haakonssen E. C., Ross M. L., Knight E. J., Cato L. E., Nana A. et al. The effects of a calcium-rich pre-exercise meal on biomarkers of calcium homeostasis in competitive female cyclists: a randomised crossover trial. *PLoS One*. 2015. Vol. 10. No. 5. e0123302.

8. Ratajczak A. E., Zawada A., Rychter A. M., Dobrowolska A., Krela-Kaźmierczak I. Milk and Dairy Products: Good or Bad for Human Bone? Practical Dietary Recommendations for the Prevention and Management of Osteoporosis. *Nutrients*. 2021. Vol. 13. No. 4. P. 1329. DOI: 10.3390/nu13041329.

9. Hachak Y., Gutyj B., Bilyk O., Nagovska V., Mykhaylytska O. Effect of the cryopowder “Amaranth” on the technology of molten cheese. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. No. 11 (91). P. 10–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.120879.

10. Сливка Н. Б., Білик О. Ю., Наговська В. О. Розробка технології ферментованого молочного напою з ягодами годжі. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Харчові технології»*. 2022. Т. 24, № 97. С. 65–71. DOI: 10.32718/nvlvet-f9711.

Information about the authors:

Slyvka Natalya Bohdanivna,

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Milk
and Milk Products
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv
50 Pekarska Street, Lviv, Ukraine

Mykhaylytska Olga Romanivna,

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Milk
and Milk Products
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv
50 Pekarska Street, Lviv, Ukraine

Skulska Inna Volodymyrivna,

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Milk
and Milk Products
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv
50 Pekarska Street, Lviv, Ukraine

04

SECTION



FOOD SAFETY, AUTHENTICITY, AND TRACEABILITY

ОДЕРЖАННЯ ХЛІБА З ПОКРАЩЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ НАТИВНОЇ ЗАКВАСКИ

Паляниця Л. Я., Березовська Н. І.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-15>

ВСТУП

У сучасному світі розвиток харчової промисловості формується переходом все більшої кількості людей на здорове харчування, що базується на споживанні натуральних і функціональних продуктів. Технологія хліба, як одного з основних елементів продуктового кошика українців, зазнає суттєвих змін через перехід від використання промислових дріжджів до нативної закваски, одержаної шляхом природної ферментації. Такі продукти характеризуються нижчим глікемічним індексом, корисною мікрофлорою для шлунково-кишкового тракту, підвищеним вмістом біологічно активних речовин у хліба на заквасці¹.

У промислових умовах одержання хліба з використанням чистих культур дріжджів є значно ефективнішим, оскільки процес є більш швидким, контрольованим, передбачуваним і стандартизованим. Проте підвищений інтерес споживача до функціональних харчових продуктів та здорового харчування створює попит на хліб, виготовлений на основі нативних заквасок, як продукт природнього ферментативного процесу, збагачений цінними компонентами та широким спектром корисних мікроорганізмів.

Особливої уваги заслуговує виробництво хліба високої гідратації на основі заквасок спонтанного бродіння, що відрізняється покращеними смаковими характеристиками. Хліб на заквасці високої гідратації має свої унікальні особливості та переваги. Його готують з підвищеним вмістом води в тісті (зазвичай 70–90% від ваги борошна, а інколи навіть більше).

¹ Palla M., Blandino M., Grassi A., Giordano D., Sgherri C., Quartacci M. F., Reyneri A., Agnolucci M., & Giovannetti M. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6>.

Такий підхід суттєво впливає як на текстуру, так і на користь хліба. Через високий вміст вологи порівняно з борошном утворюється дуже пористий м'якуш із нерівномірними великими «дірками». Також такий спосіб приготування тіста забезпечує тонку та хрустку скоринку й еластичну структуру м'якуша. Завдяки високому вмісту води в тісті клейковина розвивається повільніше, що сприяє легшому травленню. Вологий м'якуш полегшує процес пережовування та сприяє кращому засвоєнню поживних речовин. Природна закваска й високий вміст води роблять хліб менш «агресивним» для шлунково-кишкового тракту, що особливо важливо для людей із чутливим травленням.

Нативна закваска – це природні симбіотичні комплекси мікроорганізмів: молочнокислих бактерій (МКБ) і дріжджів. Її роль полягає не лише в підйманні та розпушуванні тіста, а й в накопиченні кислот, що формують тягучу м'якушку, створюють антисептичні умови для запобігання розвитку сторонньої мікрофлори та збільшенню тривалості зберігання хліба².

Дослідження мікробного складу закваски спонтанного бродіння, умов її одержання є актуальним для визначення її потенційної активності в процесах приготування тіста та випікання хліба, у формуванні смакових властивостей готового продукту, а також для досягнення стабільних і прогнозованих результатів.

1. Аналіз досліджень і публікацій за темою приготування хліба на заквасках

Серед ферментованих продуктів у харчуванні людини важлива роль належить хлібу. Для його приготування використовують як промислові штами мікроорганізмів, так і природну мікрофлору, що входить до складу нативної закваски. Дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae* володіють здатністю швидко зброджувати цукри та накопичувати вуглекислий газ. Основним субстратом для цього процесу є вуглеводи, переважно глюкоза та мальтоза, що містяться в борошні. Дріжджі контролюють у лабораторії для того, щоб забезпечити стабільний результат і високу якість готового хліба.

Швидкість газоутворення в промислових дріжджів висока, що сприяє швидкому підйому та розпушенню тіста, але це також впливає на збіднення органолептичних властивостей готового хліба. Кислоти накопичуються помірно, рН вибродженого тіста зазвичай перебуває на

² Alba C., Alberto A., Leticia G., Domingo F., José L. M., & María E. T. Effect of fermentation on microbiological, physicochemical and physical characteristics of sourdough and impact of its use on bread quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 35 (6). P. 496–506. <https://doi.org/10.17221/68/2017-cjfs>.

рівні 5,6–5,8, а це, зі свого боку, сприяє зниженню стійкості до розвитку сторонньої мікрофлори та псування продукту. Дріжджовий хліб має ряд переваг, зокрема: швидкий технологічний процес виготовлення, мінімальний ризик втрати якості продукту, проте такий хліб має бідніші смак та аромат, не стійкий до сторонньої мікробіоти, а також схильний до швидкого черствіння.

Ферментативні процеси, що забезпечують унікальний смак і хороші споживчі властивості готового продукту, у виробництві хліба відбуваються за участі закваски. Такі хлібобулочні вироби виготовляються без використання промислово культивованих дріжджів, що вирізняються характеризується автентичним смаком, ароматом, текстурою, хорошою засвоюваністю в організмі людини та подовженим терміном зберігання³.

Нативна закваска – це продукт спонтанного бродіння, що відбувається завдяки природній мікрофлорі, яка є на оболонках зерна та переходить у борошно. Її можна одержувати різними способами, серед яких найчастіше використовують: 1) спонтанне бродіння; 2) на основі чистих культур молочнокислих бактерій або культур МКБ і дріжджів; 3) з активною мікрофлорою та з неактивною мікрофлорою на основі ферментованого борошна. Варто зазначити, що нативні закваски мають як переваги щодо споживчих якостей готового хліба, так і недоліки щодо стабільності технологічного процесу одержання хліба. Основним недоліком є складність у веденні контрольованого та прогнозованого процесу, оскільки мікрофлора закваски є нестабільною і залежить від багатьох чинників навколишнього середовища.

Технологічні показники закваски, а також споживчі та сенсорні властивості готового продукту суттєво залежать від виду використаного борошна⁴, його фізико-хімічних, структурно-механічних і мікробіологічних показників⁵, а також від умов її приготування, зокрема температури та рН⁶.

Низка досліджень і наукових праць містять інформацію про приготування заквасок спонтанного бродіння із житнього, житньо-пшеничного борошна⁷

³ Arendt E. K., Ryan L. A. M., & Dal Bello F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 2007. Vol. 24 (2). P. 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.

⁴ Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.

⁵ Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.

⁶ Наumenko О. В., Чиж В. М. Біотехнологічні показники хлібопекарських заквасок (Огляд літератури). *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 19. С. 107–115. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-12>.

⁷ Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. Вип. 1. С. 180–184.

та борошна різних круп'яних культур⁸. Проте лише в окремих роботах⁹ висвітлюються питання виведення закваски з пшеничного борошна, що потребує всебічного дослідження.

Мікроорганізми, що є в борошні, а також його вологість, зольність, ферментативна активність впливають на біохімічні та мікробіологічні процеси в заквасці, особливо на розвиток спонтанної мікрофлори. Її склад відповідає за подальші процеси приготування тіста та хліба¹⁰. Тому важливим завданням у технології хліба з хорошими споживчими та органолептичними показниками є стабільна й активна мікробіота закваски.

Основу мікрофлори нативних заквасок становлять дріжджі роду *Saccharomyces* та молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus*¹¹. Особливістю бродіння хліба на заквасці є суміжний процес спиртового та молочнокислого бродіння. Завдяки останньому в тісті відбувається накопичення молочної кислоти, що насамперед впливає на структуру клейковини, розм'якшуючи та частково руйнуючи її волокна, а також формує легку кислинку смаку.

У заквасках міститься понад велика кількість дріжджів, серед яких переважають такі види: *Saccharomyces cerevisiae*, *S. minor*, *S. exiguus*, *Candida krusei*, *C. humilis*, *Kazachstania exigua*, що перебувають у симбіозі з молочнокислими бактеріями¹². Значна варіативність кількості дріжджів та виявлених їх видів залежить від таких чинників: ступеня гідратації тіста, типу використаного борошна, температури розпушування та температури приготування закваски.

Серед різноманіття молочнокислих бактерій у заквасці спонтанного бродіння найчастіше виявляють вид *Lactobacillus sanfranciscensis*, проте види *L. plantarum* і *L. brevis* також вважають постійними представниками. Пояснюється це тим, що вуглеводний обмін вказаних МКБ адаптований до мальтози та фруктози як основних джерел енергії в тісті, а умови їхнього розмноження – температура та величина рН, зокрема для *Lactobacillus*

⁸ Михонік Л. А., Гетьман І. А., Науменко О. В. Ефективність заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технологіях хлібних виробів. *Продовольчі ресурси*, 2023. Т. 11. № 20. С. 28–34. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>.

⁹ Березкина Н. А., Буальська Н. П., Челябієва В. М. Технологія закваски спонтанного бродіння з борошна пшеничного вищого ґатунку та її характеристики. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки / Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2024. № 38. С. 14–19.

¹⁰ Челябієва В. М., Буальська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.

¹¹ Corsetti A. & Settanni L. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. *Food Research International*. 2007. Vol. 40 (5). P. 539–558.

¹² Akin M., Eydurán S. P., & Rocha J. M. Functional and health-promoting properties of acid-tolerant yeasts from sourdough-based and other agro-food products. *Handbook of Sourdough Microbiota and Fermentation*. 2025. P. 183–201. DOI: 10.1016/b978-0-443-18622-6.00010-4.

sanfranciscensis, – відповідають умовам бродіння закваски¹³. Молочнокислі бактерії, що входять до складу закваски, володіють такими особливостями: захисними механізмами на стресові реакції підвищення кислотності середовища та зниження концентрації поживних речовин, високою осмофільністю. Співвідношення між молочною та оцтовою кислотами, утвореними гетероферментативними бактеріями роду *Lactobacillus*, суттєво впливає на смак хліба і хлібобулочних виробів, отриманих на заквасці.

Таким чином, дослідження мікробіоти закваски, що визначає якісні показники хліба, його споживчі та органолептичні властивості, залишається актуальним завданням у технології хліба і хлібобулочних виробів.

2. Дослідження особливостей нативних заквасок у технології хліба

Важливим чинником у приготуванні нативної закваски є вибір борошна, оскільки ступінь помелу і просіювання, кількість білка та волоgi впливають на рівень ферментативної активності заквасок, а отже, на кінцеву якість готового хліба. Характерною особливістю цільнозернового борошна є наявність висівок, які складаються з оболонки і плівочки зерна, що надає йому кремового відтінку. Цей вид борошна активно застосовується дріжджами як джерело фосфорного живлення завдяки фітину, що міститься саме у висівках. Фітин має погану розчинність у воді, проте саме в борошні містяться ферментні комплекси фітази, що сприяють кращому засвоєнню¹⁴.

Хліб на заквасці рекомендований до вживання людям із целиакією, хворобою, симптомом якої є незасвоєння глютену. Впродовж ферментації відбувається гідролітичне розщеплення саме гліadiнної фракції білків пшеничного борошна, а також низькомолекулярних спирторозчинних пептидів¹⁵.

Під час приготування закваски спонтанного бродіння важливими були такі умови:

- розвиток симбіотичних взаємовідносин між дріжджами та молочнокислими бактеріями,
- нагромадження цими мікроорганізмами продуктів метаболізму для забезпечення особливого смаку й аромату хліба;
- пригнічення розвитку та витіснення сторонньої мікрофлори борошна внаслідок життєдіяльності молочнокислих бактерій і дріжджів;

¹³ De Vuyst Luc & Neysens Patricia. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*. 2005. Vol. 16 (1–3). P. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012.

¹⁴ Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.

¹⁵ Rose A. H., Harrison J. S. *Biology of yeasts* (2-nd edition). Academic Press, 1987.

– можливість розщеплювати фітинову кислоту (фітин) як джерело резервного фосфору, що міститься головню у висівках і не вповні засвоюється в організмі людини, шляхом підвищення активності рослинної (борошно) і бактеріальної (молочнокислі бактерії) фітази;

– забезпечення гідролізу гліадинової фракції білків пшениці та низькомолекулярних спирторозчинних пептидів бактеріями закваски під час зброджування тіста, завдяки чому знижується ризик симптомів глютенкової хвороби.

Закваски готували змішуванням із водою у рівних пропорціях таких видів борошна з подальшою спонтанною ферментацією (табл. 1).

Таблиця 1

Варіанти приготованих заквасок

№ з/п	Варіанти закваски	Борошно
1	I закваска	Пшеничне високобілкове
2	II закваска	Пшеничне цільнозернове
3	III закваска	Пшеничне високобілкове з додаванням цільнозернового (25% від загальної маси борошна)
4	IV закваска	Житнє

Для того щоб закваска підтримувала свою активність на оптимальному рівні, необхідно постійно підживлювати її в чітко визначених пропорціях борошна. Зразки приготованих заквасок на пшеничному та житньому борошні представлено на рис. 1.

Основним параметром, за допомогою якого контролюється активність мікроорганізмів у заквасці, є рН. Відповідно до значень рН було розроблено технологічну карту для підтримання закваски в активному стані: 0,025 кг води підготовленої; 24% – 0,006 кг борошна пшеничного цільнозернового; 76% – 0,019 кг борошна пшеничного високобілкового. Маса готового напівфабрикату становила 0,050 кг.

Температурний режим ферментації заквасок вибрано $24 \pm 0,1$ °C, що сприяє активному синтезу молочної та оцтової кислот гетероферментативними молочнокислими бактеріями роду *Lactobacillus*, забезпечує хорошу текстуру хліба, більш еластичну структуру м'якушки і сповільнює черствіння готового продукту¹⁶.

¹⁶ Sidorov A., Protsak P., Kukhtyn M., & Voytko K. Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2024. Vol. 26 (101). P. 121–126. <https://doi/10.32718/nvlvet-fl10118>.



Закваска пшенична (III)



Закваска житня (IV)

Рис. 1. Зразки приготованих заквасок для аналізів

Визначені величини активної кислотності приготованих заквасок представлені на рис. 2.

Результати досліджень свідчать, що у пшеничній заквасці помірно зростала кислотність, за сім годин досягнувши значення 4 од., тоді як цільнозернова стрімко накопичила рН до 3,2 од. Найкращий результат щодо кислотності було досягнуто під час виведення третього зразка закваски. Величина рН становила 4,11 од., що свідчить про високу активність такої закваски.

Культивовані закваски відібрані по 10 г, здійснено десятикратні розбавлення у стерильному розчині. Далі по 1 см³ було інокульовано на селективні агаризовані живильні середовища у чашки Петрі і проведено культивування за температури 30 ± 0,5 °С протягом трьох-чотирьох діб.

Вирощені колонії слугували об'єктом для визначення кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), дріжджів і молочнокислих бактерій. Результати обчислень наведено в таблиці 2.

Аналізуючи таблицю 2, можна стверджувати, що найбільша кількість мезофільних аеробних та анаеробних мікроорганізмів нагромадилася в заквасці (II) – $3,6 \times 10^8$ КУО/г, а в пшеничній високобілковій (I) менше ніж у 76,5 раза, оскільки ґатунок борошна впливає на кількість мікрофлори в борошні. Мікрофлора МАФАНМ у пшеничній високобілковій із додаванням цільнозернового борошна (III) та пшеничній цільнозерновій (II) заквасках майже однакова, основу якої становлять молочнокислі бактерії і дріжджі. Результати посівів продемонстрували різницю у співвідношеннях цих мікроорганізмів. Закваска (II) містила найбільше молочнокислих бактерій, тоді як найбільше дріжджів було виявлено у пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна (III).

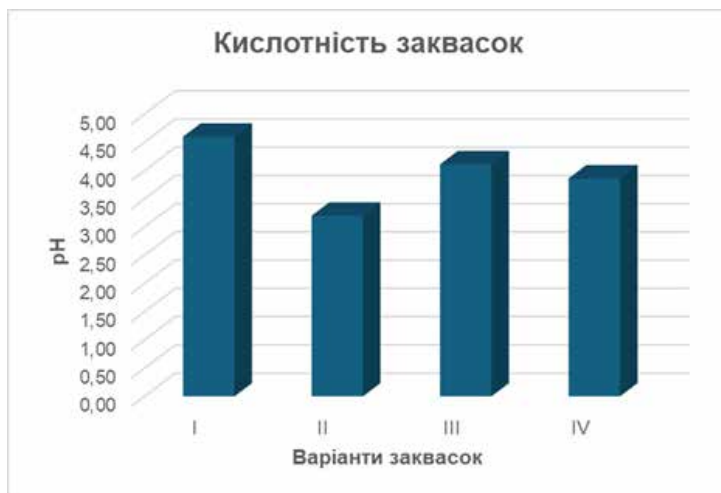


Рис. 2. Активна кислотність приготованих заквасок

Таблиця 2

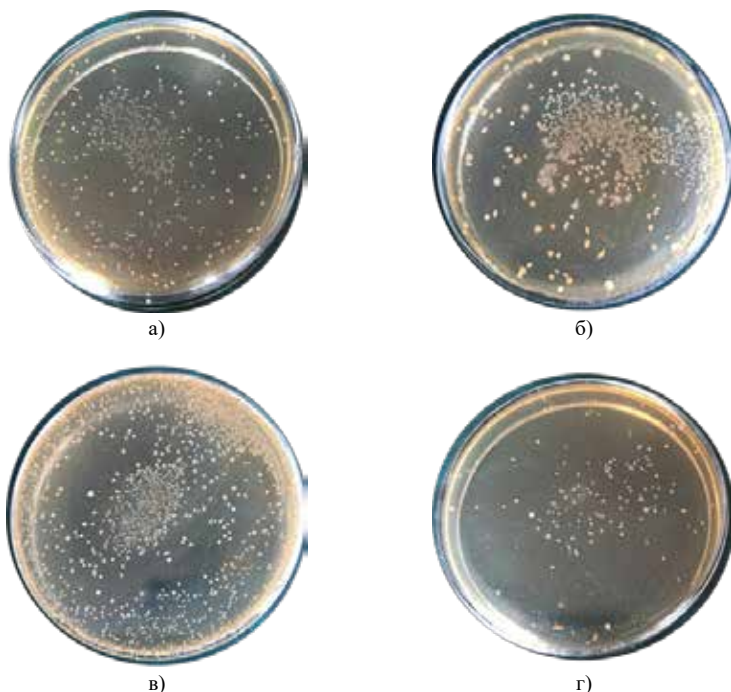
Результати кількісного обліку мікроорганізмів у заквасці

Тип закваски (залежно від борошна)		Кількість, 106 КУО/г		
		МАФАнМ	МКБ	Дріжджі
1	Пшенична високобілкова (I)	25	24	2,7
2	Пшенична цільнозернова (II)	360	350	3,0
3	Пшенична високобілкова з додаванням ц/з борошна (III)	220	210	5,3
4	Життя (IV)	3100	3000	1,1

Висів на середовище сусло-агар (рис. 3) підтвердив, що додавання цільнозернового пшеничного борошна в кількості 25% від загальної кількості борошна збільшує кількість нативних дріжджів у заквасці вдвічі завдяки мікрофлорі у плівках та на оболонках зерна.

Це сприяє збільшенню підйімальної сили закваски та покращенню якості хліба, а також розвиває клейковинний каркас завдяки високобілковому борошну. За культуральними ознаками колонії дріжджів, як видно на рис. 3, є одноріднішими в першій заквасці і за формою, і за розміром, тоді як у заквасці (II) колонії різняться як за розміром, так і за формою (круглі та схожі на диск).

За результатами мікроскопування з імерсією препаратів, приготованих із колоній на чашках Петрі, було визначено, що дріжджові клітини мали круглу й овальну форми (рис. 4).



**Рис. 3. Результати посіву та культивування на сусло-агарі заквасок:
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Отже, виявлені в заквасках нативні дріжджі належать до роду *Saccharomyces*. Збільшення кількості дріжджових клітин у пшеничній високобілковій заквасці з додаванням цільнозернового борошна дає змогу скоротити тривалість бродіння шляхом підвищення його ефективності. Холодна ферментація тривала 14–16 год за температури 8 °C замість 22–24 год.

Як було вище зазначено, у заквасках важливу роль відведено молочнокислим бактеріям. Виконували посіви зразків заквасок пшеничної з додаванням цільнозернового пшеничного борошна (II) та житньої (IV) на селективне для молочнокислих бактерій середовище – лактобакагар. Результати посіву та культивування молочнокислих бактерій на агаризованому середовищі свідчать про переважаючу кількість МКБ у житній заквасці.

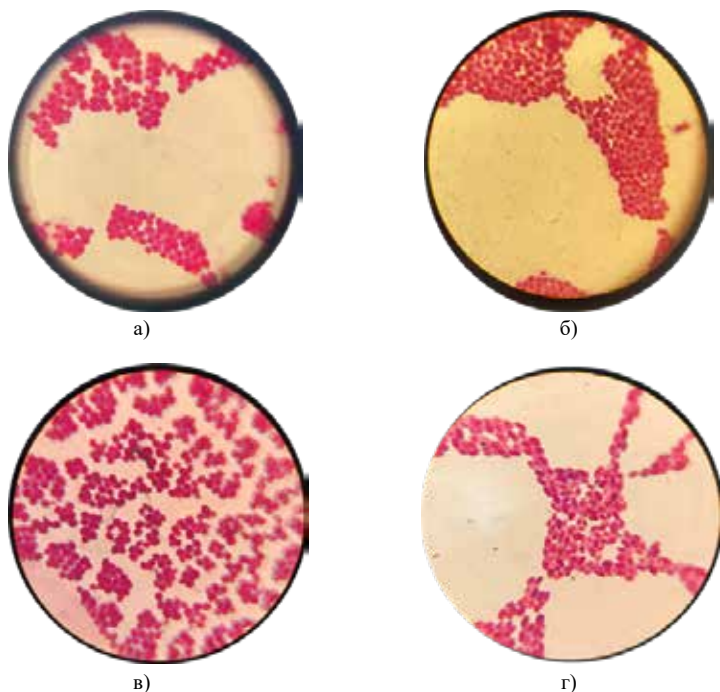


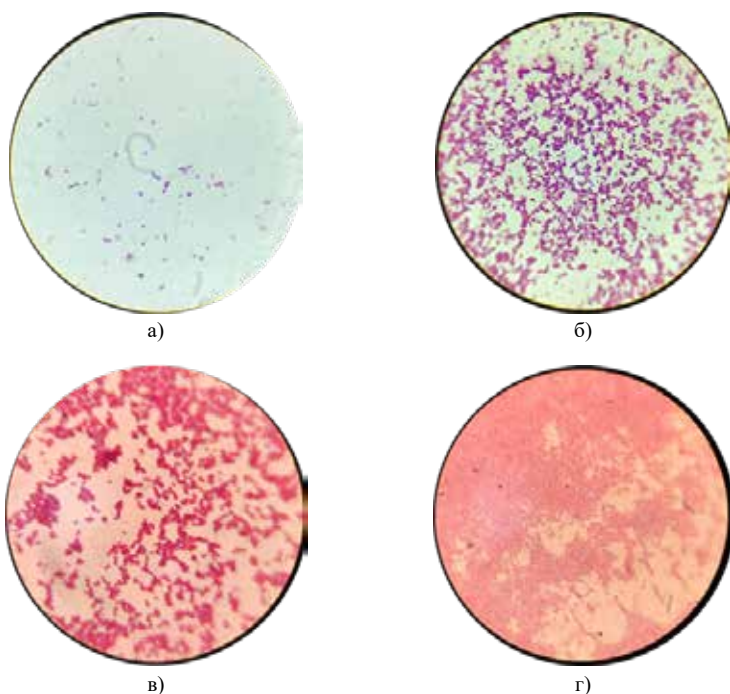
Рис. 4. Результати мікроскопування фіксованих препаратів дріжджів (збільшення у 1500 разів): (а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV

Домінантною мікрофлорою у всіх заквасках є гетероферментативні молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus* (рис. 5). Це паличкоподібні, аспорогенні бактерії з попарно з'єднаними клітинами.

Завдяки життєдіяльності цих бактерій хліб накопичує приємну кислинку та специфічний аромат. Також нагромаджена ними під час метаболізму молочна кислота пригнічує розвиток сторонньої мікрофлори, що було підтверджено висівом на агаризовані середовища та мікроскопуванням (рис. 6–7).

У заквасках не спостерігали спорогенних бактерій, що провокують картопляну хворобу хліба, а також плісеньових грибів, які продукують токсини та є небезпечними для здоров'я людини. Ці висновки були підтверджено також висівом зразків заквасок на селективне середовище Сабуро.

Порівняно з пшеничною закваскою, у житній прослідковується яскраве домінування молочнокислих бактерій. Співвідношення бактерій



**Рис. 5. Результати мікроскопування фіксованих препаратів молочнокислих бактерій (збільшення у 1500 разів):
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**



Рис. 6. Результати посіву та культивування на МПА зразків заквасок: пшеничної з додаванням цілінозернового пшеничного борошна (а) і житньої (б)



Рис. 7. Результати посіву та культивування на молочному агарі Богданова зразків заквасок: пшеничної з додаванням цільнозернового пшеничного борошна (а) і житньої (б)

до дріжджів у житній заквасці приблизно 100 : 1, що підтверджується результатами мікроскопування фіксованих препаратів. Оскільки житнє борошно містить значну кількість ферментів, це забезпечує високу активність бродіння.

3. Властивості хліба, одержаного з використанням нативних заквасок

Технологія приготування хліба передбачає ряд біохімічних, фізико-хімічних та мікробіологічних технологічних процесів. Основними етапами на виробництві є: підготовка сировини, замішування тіста, бродіння тістових заготовок, випікання, охолодження та пакування. Початковим етапом технології є підготовка сировини, а саме борошна, води, солі та дріжджів чи закваски. Після цього можна переходити до замішування, саме на цій стадії відбувається активація глютену та розвиток клейковинного каркаса. Першою стадією замішування тіста є замішування борошна і води, він необхідний для активації ферментів протеаз, наявних у борошні, що запускають процес гідролізу білків¹⁷. Цей процес необхідний для полегшення подальшого процесу замісу, адже тістова маса стає еластичнішою і легше перемішується, що також запобігає перегріванню тіста та руйнуванню клейковини.

На культивованих заквасках було приготовано чотири зразки хліба (рис. 8).

¹⁷ Di Cagno R., Gobbetti M. Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: Effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68 (2). P. 623–633. <https://doi.org/10.1128/aem.68.2.623-633.2002>.



а)



б)



в)



г)

**Рис. 8. Зовнішній вигляд хліба на заквасці:
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Відсотковий вміст у тісті закваски відносно маси борошна становив 20%. Технологія хліба передбачає підвищений вміст води – 70–90%, що сприяє повільному розвитку глютену і покращує засвоюваність готового хліба.

Хліб, приготований на пшеничній заквасці, мав найсвітлішу золотаву скоринку, тоді як на високобілковій пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна мав бурштиново-золотаву скоринку, яка залишалася тонкою та хрусткою впродовж 14 годин (рис. 8). Хліб на цільнозерновій заквасці мав найщільнішу скоринку, яка відрізнялася відсутністю блиску. Житній хліб мав специфічні органолептичні властивості, що характеризується підвищеною кислотністю, дрібною пористістю і темною м'якушкою.

Удосконалена технологія хліба високої гідратації з додаванням цільнозернового борошна до високобілкового забезпечила хлібу пористу

м'якушку з великими рівномірно розподіленими отворами та тонку, хрустку скоринку (рис. 9).



а)



б)



в)



г)

**Рис. 9. Розріз хліба: пшеничного на заквасці
(а) – I, (б) – II, (в) – III та (г) – IV**

Аромат м'який, медово-хлібний, максимально світло забарвлену м'якушку отримали з пшеничного борошна «УНО», тоді як додавання цілнозернового борошна робило колір наближеним до сірого. Найкращі споживчі якості були у хліба на комбінованій заквасці, що підтверджує наші дослідження (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристика м'якушки хліба, одержаного на нативних заквасках I–IV

Показники м'якушки	Закваска			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Якість м'якушки	Еластична	Еластична з незначною клейкістю	Еластична, пружна	Глевка з тягучою структурою

1	2	3	4	5
Пористість м'якушки	Нерівномірні великі пори	Дещо розпливчата з нерівномірними великими порами	Нерівномірні великі пори	Дрібнопориста
Колір м'якушки	Максимально світлий	Світло сірий	Світлий, із сіруватим тоном	Темно-сірий

Хліб, приготований на цільнозерновій заквасці II, мав розпливчасту м'якушку, адже він дуже швидко перекисав і надмірна кислотність руйнувала клейковинний каркас.

За органолептичними показниками хліб, одержаний на різних заквасках і з пшеничного та житнього борошна мав виражений смак, без сторонніх смаків та запахів. Найкращі смакові властивості мав пшеничний хліб, виготовлений на заквасці з пшеничного високобілкового борошна з додаванням цільнозернового.

ВИСНОВКИ

Закваски, отримані на пшеничному цільнозерновому борошні, характеризувалися найбільшою концентрацією молочнокислих бактерій ($3,5 \times 10^8$ КУО/г), тоді як житня закваска демонструвала максимальний рівень загальної мікрофлори ($3,1 \times 10^9$ КУО/г).

Встановлено, що додавання 25% пшеничного цільнозернового борошна до високобілкового пшеничного сприяє збалансованому співвідношенню МКБ і дріжджів, що позитивно відображається на інтенсивності бродіння і стабільності кислотності ($\text{pH} \approx 4,11$).

Експериментально підтверджено, що такий комплекс мікроорганізмів (молочнокислих бактерій і дріжджів) забезпечує оптимальний газоутворювальний потенціал, формування еластичної м'якушки та тонкої золотавої скоринки.

На основі отриманих заквасок було виготовлено експериментальні зразки хліба, для яких встановлено значущі відмінності в пористості, смаку та структурі. Найкращі споживчі властивості продемонстрував хліб, виготовлений на пшеничній заквасці з додаванням цільнозернового борошна, що зумовлено більш інтенсивною ферментацією, рівномірним розвитком дріжджових клітин та утворенням гармонійного кисло-ароматичного профілю. Житній хліб характеризувався підвищеною кислотністю та дрібнопористою структурою, притаманною традиційним житнім виробам.

Отримані результати мають практичне значення для хлібопекарської промисловості, оскільки обґрунтовують доцільність використання нативних заквасок як природних біокаталізаторів, здатних покращити якість хліба без застосування промислових дріжджів.

Запропоновані технологічні параметри можуть бути рекомендовані для розроблення нових рецептур хліба з підвищеною харчовою цінністю та тривалішим терміном зберігання.

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто актуальну проблему розвитку харчової промисловості в контексті зростання інтересу до натуральних продуктів, характерного для сучасної тенденції переходу населення на здорове харчування. Особливу увагу приділено перспективному напрямку – одержанню нативних заквасок спонтанного бродіння, що формуються природною мікрофлорою борошна та використовуються у виробництві хліба. Показано, що процеси ферментації за участю симбіотичних комплексів молочнокислих бактерій і дріжджів забезпечують формування кращих органолептичних показників готового хліба. У дослідженні використано комплекс мікробіологічних та фізико-хімічних методів аналізу для первинної ідентифікації молочнокислих бактерій і дріжджів, кількісного обліку колоній мікроорганізмів, вирощених на селективних середовищах, а також контролю кислотності заквасок і хліба. Органолептичну оцінку хліба проведено відповідно до чинних стандартів з урахуванням смаку, аромату, кольору та структури м'якушки, товщини і хрусткості скоринки. Запропоновано під час вирощування нативної закваски внесення пшеничного цільнозернового борошна (25% від загальної маси борошна) до пшеничного високобілкового для збалансованого співвідношення між молочнокислими бактеріями та дріжджами, що зумовлює інтенсивне бродіння і стабільну кислотність закваски. Використання її у приготуванні хліба забезпечує оптимальне газоутворення, формування еластичної м'якушки та тонкої золотистої скоринки. При цьому виявлені найкращі споживчі властивості пшеничного хліба, одержаного на заквасці з додаванням цільнозернового пшеничного борошна.

Література

1. Palla M., Blandino M., Grassi A., Giordano D., Sgherri C., Quartacci M. F., Reyneri A., Agnolucci M., & Giovannetti M. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6>.

2. Alba C., Alberto Á., Leticia G., Domingo F., José L. M., & María E. T. Effect of fermentation on microbiological, physicochemical and physical characteristics of sourdough and impact of its use on bread quality. *Czech Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 35 (6). P. 496–506. <https://doi.org/10.17221/68/2017-cjfs>.
3. Arendt E. K., Ryan L. A. M., & Dal Bello F. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 2007. Vol. 24 (2). P. 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011>.
4. Ma S., Wang Z., & Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges – A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360. Art. 130038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130038.
5. Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.
6. Науменко О. В., Чиж В. М. Біотехнологічні показники хлібопекарських заквасок (Огляд літератури). *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 19. С. 107–115. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-12>.
7. Дробот В. І., Сильчук Т. А. Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. Вип. 1. С. 180–184.
8. Михонік Л. А., Гетьман І. А., Науменко О. В. Ефективність заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технологіях хлібних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11. № 20. С. 28–34. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>.
9. Березкина Н. А., Буяльська Н. П., Челябієва В. М. Технологія закваски спонтанного бродіння з борошна пшеничного вищого гатунку та її характеристики. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки / Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2024. № 38. С. 14–19.
10. Челябієва В. М., Буяльська Н. П., Березкина Н. А. Мікрофлора борошна як стартер процесів бродіння у харчових технологіях. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1 (35). С. 204–211.
11. Corsetti A. & Settanni L. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. *Food Research International*. 2007. Vol. 40 (5). P. 539–558.
12. Akın M., Eydurán S. P., & Rocha J. M. Functional and health-promoting properties of acid-tolerant yeasts from sourdough-based and other agro-food products. *Handbook of Sourdough Microbiota and Fermentation*, 2025. P. 183–201. DOI: 10.1016/b978-0-443-18622-6.00010-4.
13. De Vuyst Luc & Neysens Patricia. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*. 2005. Vol. 16 (1–3). P. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012.

14. Rose A. H., Harrison J. S. Biology of yeasts (2-nd edition). Academic Press, 1987.

15. Sidorov A., Protsak P., Kukhtyn M., & Voytko K. Characteristics of the production technology of wheat bread with organic acids. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2024. Vol. 26 (101). P. 121–126. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-fl0118>.

16. Di Cagno R., Gobbetti M. Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: Effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68 (2). P. 623–633. <https://doi.org/10.1128/aem.68.2.623-633.2002>.

Information about the authors:

Palianytsia Liubov Yaroslavivna,

Candidate of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of Organic Products Technology

Lviv Polytechnic National University

12 Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

Berezovska Nataliia Ivanivna,

Candidate of Chemical Sciences,

Associate Professor at the Department of Organic Products Technology

Lviv Polytechnic National University

12 Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

**MULTISENSORY IOT SYSTEMS FOR FOOD QUALITY
AND SAFETY MONITORING
IN THE CONTEXT OF ESG AND INDUSTRY 4.0**

Tkachuk T. I.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-16>

INTRODUCTION

The global food industry is experiencing a profound transformation driven by the convergence of digital technologies, shifting regulatory landscapes, and evolving consumer expectations. The fourth industrial revolution (Industry 4.0) has introduced a new paradigm of connected, data-driven production in which physical processes are continuously monitored, analyzed, and optimized through cyber-physical systems. In the food sector, this transformation is particularly consequential: food safety failures have direct implications for public health, and the economic costs of product recalls, foodborne illness outbreaks, and supply chain disruptions run into billions of dollars annually worldwide¹.

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), approximately 1.3 billion tonnes of food – or about one-third of all food produced globally – is lost or wasted each year². A substantial portion of these losses occurs due to inadequate monitoring of temperature, humidity, and other critical parameters during storage and transportation. The cold chain, which encompasses the entire low-temperature logistics pathway from farm to consumer, remains one of the most vulnerable segments of the food supply system. Reactive, manual monitoring methods are increasingly inadequate to address the scale, complexity, and speed of modern food distribution networks.

Simultaneously, the principles of Environmental, Social, and Governance (ESG) accountability have evolved from voluntary frameworks into binding regulatory requirements in the European Union and beyond. The EU Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), the Sustainability-related

¹ Muller W. A., Ferreira S. B., da Silva S. B. Enhancing Food Safety in the Cold Chain Through Internet of Things and Artificial Intelligence. *Journal of Food Science*. 2026. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70871>.

² FAO. Food Loss and Waste Database. URL: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste> (accessed: 10.05.2026).

Financial Disclosures Regulation (SFDR), and the Green Deal Action Plan collectively establish stringent obligations for food companies to measure, document, and disclose their environmental and social impacts³. Empirical research on European food sector companies confirms a positive and statistically significant relationship between investment in digital transformation, ESG compliance, and firm-level financial performance⁴. This creates a powerful business case for deploying IoT-based monitoring infrastructure not merely as a compliance tool, but as a source of competitive advantage.

At the intersection of these two trends – digital transformation and ESG imperatives – stand multisensor embedded systems: specialized computer systems integrating arrays of diverse physical and chemical sensors with onboard processing, wireless communication, and cloud connectivity. These systems enable continuous, real-time acquisition of food quality parameters across the entire production and supply chain lifecycle. When combined with edge computing architectures and machine learning algorithms, multisensor IoT platforms can detect quality deviations and predict spoilage hours before conventional methods would identify a problem, enabling proactive intervention and dramatically reducing waste⁵.

The rapid development of low-power microcontrollers such as the ESP32-S3, STM32WB series, and Nordic nRF52840, alongside advances in miniaturized chemical and optical sensors, has made sophisticated multisensor nodes increasingly affordable and energy-efficient. The emergence of TinyML – the deployment of machine learning inference on resource-constrained microcontrollers – further extends the intelligence frontier to the very edge of the IoT network, enabling autonomous decision-making without reliance on cloud connectivity⁶. These technological developments are rapidly moving IoT-based food monitoring from research prototypes to scalable industrial deployments.

The purpose of this chapter is to provide a comprehensive analysis of the architecture, sensor technologies, data fusion methodologies, and ESG implications of multisensor IoT systems for food quality and safety monitoring. Section 1 examines the multilayer architectural design of such systems, with

³ Fortude. Sustainable Digital Transformation for F&B. 2026. URL: <https://fortude.co/blog/why-sustainable-digital-transformation-is-non-negotiable-for-food-and-beverage-fb-businesses-in-2025-26> (accessed: 14.05.2026).

⁴ Marczevska M. et al. Digital transformation, ESG, and companies performance in the European food sector. *Journal of Technology Transfer*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10247-1>.

⁵ Plakantara S. P., Karakitsiou A. The future of digital innovation in transforming food safety systems. *npj Science of Food*. 2026. <https://doi.org/10.1038/s41538-026-00809-4>.

⁶ Sensor technologies in the food industry under industry 4.0. *Food Control*. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.002288>.

particular attention to edge and cloud computing paradigms and hardware platforms. Section 2 reviews the principal sensor modalities employed in food monitoring and the signal processing and fusion algorithms that transform raw sensor data into actionable quality indicators. Section 3 analyzes the role of IoT monitoring systems as an enabling infrastructure for implementing ESG strategies across environmental, social, and governance dimensions.

1. Architecture of multisensor IoT systems for the food industry

Modern IoT systems for food industry applications are designed around a multilayer architecture encompassing four principal strata: the perception layer, the network layer, the processing layer, and the application layer. This hierarchical design separates concerns, optimizes resource utilization at each tier, and provides the modularity necessary for scalable deployment across heterogeneous production and logistics environments. Understanding the function and interaction of each layer is essential for engineering reliable, high-performance food monitoring solutions.⁷

At the perception layer, multisensor nodes – specialized embedded systems equipped with arrays of physical and chemical transducers – capture a continuous stream of environmental and product-state data. Typical measurements include temperature (NTC thermistors, PT100/PT1000 RTDs), relative humidity (capacitive polymer sensors), atmospheric pressure, pH (glass electrode or solid-state ISFET sensors), dissolved oxygen, CO₂, ethylene, and volatile organic compound (VOC) concentrations measured via metal oxide semiconductor (MOS) or electrochemical gas sensors. The hallmark capability of such nodes is sensor fusion: the concurrent acquisition and integration of signals from multiple heterogeneous transducers to produce a composite, higher-confidence estimate of the product quality state that is unattainable from any single sensing modality⁸.

The hardware platform of sensor nodes typically centers on a low-power system-on-chip (SoC) integrating a 32-bit processor core, multi-channel analog-to-digital converters (ADC), digital communication interfaces (I2C, SPI, UART), and an IEEE 802.15.4 or Bluetooth Low Energy (BLE) radio transceiver. Prominent platforms include the Espressif ESP32-S3 (dual-core Xtensa LX7, integrated Wi-Fi/BLE), STMicroelectronics STM32WB55 (Arm Cortex-M4/M0+ with BLE 5.4), Nordic Semiconductor nRF52840 (Arm Cortex-M4, Bluetooth 5.0/Thread/Zigbee), and the u-blox SARA-R4 series for

⁷ IEEE. Application Areas of Industry 4.0 Technologies in Food Manufacturing. 2019. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8711184>.

⁸ IoT-Based Food Quality Monitoring System. Scribd. 2025. URL: <https://www.scribd.com/document/878788761> (accessed: 14.05.2026).

cellular NB-IoT connectivity. The architecture of these devices – integrating computation, sensing interfaces, and radio in a single package – represents a textbook example of specialized computer systems optimized for the tight power and footprint constraints of industrial IoT deployments⁹.

The network layer provides the communication infrastructure connecting distributed sensor nodes to processing resources. Protocol selection is governed by a multi-dimensional trade-off among power consumption, communication range, data throughput, and latency. Short-range protocols (Zigbee, Thread, BLE Mesh, Z-Wave) are suited for dense in-facility deployments; Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) supports higher-bandwidth applications such as video inspection systems; while LPWAN standards – LoRaWAN (operating at 868 MHz in Europe, up to 15 km range) and NB-IoT (3GPP Release 13) – are preferred for wide-area cold-chain tracking, where sensor nodes must transmit infrequent, low-volume data over long distances with battery lifetimes measured in years¹⁰.

Edge computing occupies the critical intermediate tier between raw data acquisition and centralized cloud analytics. Edge gateways – industrial-grade single-board computers or PLC-class controllers collocated with sensing infrastructure – perform real-time signal filtering, feature extraction, anomaly detection, and local alarming without incurring the latency and bandwidth costs of cloud round-trips. In food production contexts, edge processing enables sub-second detection of critical control point (CCP) violations as mandated by HACCP frameworks, ensuring corrective action can be initiated within the response window required by food safety regulations¹¹. Studies on industrial edge computing confirm that local analytics can reduce manufacturing losses attributable to delayed response by up to 40% relative to cloud-only architectures.

At the application layer, aggregated and contextualized data are integrated with enterprise systems, including Quality Management Systems (QMS), Enterprise Resource Planning (ERP) platforms, and regulatory compliance databases. Modern implementations adhere to global interoperability standards: GS1 Digital Link and EPCIS 2.0 (Electronic Product Code Information Services) provide a standardized, event-based data model for end-to-end product traceability consistent with ISO 22000, the US Food Safety Modernization Act (FSMA), and GFSI-recognized certification schemes (BRC, SQF, FSSC

⁹ Sensor technologies in the food industry under industry 4.0. Food Control. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.002288>.

¹⁰ ANKO Food Machine. AI and IoT innovations improve food production efficiency. 2024. URL: <https://www.anko.com.tw/uk/news/Press-smart-food-manufacturing-IoT-technology.html> (accessed: 14.05.2026).

¹¹ WorldBakers. Step by Step to Digital Food Safety. 2024. URL: <https://www.worldbakers.com/step-by-step-to-digital-food-safety> (accessed: 14.05.2026).

22000). API-driven integration enables IoT data streams to trigger automated workflow actions – such as quarantine orders, supplier notifications, and logistics re-routing – transforming passive monitoring into an active, self-correcting supply chain management capability¹².

2. Sensor modalities and data fusion methods in food quality monitoring systems

The sensor base of IoT-enabled food monitoring systems spans an expanding portfolio of transducer technologies, each sensitive to distinct physicochemical properties relevant to food quality and safety. The scientific literature distinguishes five principal sensor classes deployed in food industry applications: chemical sensors, biological sensors (biosensors), optical sensors, physical sensors, and nanosensors¹³. Each class occupies a specific niche within the quality monitoring workflow, and their integration within a multisensor platform provides a holistic assessment capability that far exceeds any single-modality approach.

Chemical sensors – primarily electrochemical and metal-oxide-semiconductor (MOS) gas sensors – detect concentrations of volatile organic compounds (VOCs), CO₂, O₂, NH₃, H₂S, and other gaseous markers of microbial spoilage. Arrays of gas sensors with partially overlapping selectivity profiles, processed by pattern recognition algorithms, constitute “electronic noses” (e-noses) capable of discriminating between fresh, marginally acceptable, and spoiled meat, fish, and dairy products. Recent implementations incorporating machine learning classifiers detect spoilage 2–4 hours earlier than human organoleptic assessment, providing a critical intervention window¹⁴. Electrochemical biosensors – employing enzyme-functionalized electrodes, immunosensors, or aptasensors – enable highly selective detection of specific pathogens (*Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*) and toxins at concentrations relevant to food safety regulation.

Optical sensors are among the most rapidly advancing technologies in food quality monitoring. Near-infrared (NIR) spectroscopy enables non-destructive, real-time determination of moisture, fat, protein, and starch content in bulk grain, flour, and processed food streams, with measurement cycles of seconds compatible with high-speed production lines. Hyperspectral imaging systems combine spatial and spectral information to detect surface defects, foreign

¹² Plakantara S.P. Op. cit. *npj Science of Food*. 2026.

¹³ Sensor technologies in the food industry under industry 4.0. Food Control. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.002288>.

¹⁴ Muller W. A. et al. Enhancing Food Safety in the Cold Chain Through IoT and AI. *Journal of Food Science*. 2026. PMC: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12910151>.

body contamination, and heterogeneous composition at the individual product level. Fluorescence-based sensors exploit the intrinsic fluorescence of food chromophores (chlorophylls, myoglobin, riboflavin) as indicators of food quality. Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) is emerging as a tool for rapid elemental analysis and origin authentication.¹⁵

Physical sensors provide the foundational monitoring layer for cold chain management. Temperature loggers based on NTC thermistors or platinum RTDs offer measurement accuracies of ± 0.1 – 0.5 degrees Celsius across the range from -40 to $+85$ degrees Celsius, relevant to frozen, chilled, and ambient food storage. Capacitive humidity sensors monitor relative humidity with resolutions of 0.1% RH, critical for preventing moisture-driven spoilage in dry goods and condensation-induced quality loss in chilled products. Time-Temperature Indicators (TTIs) – colorimetric or electrochemical devices integrated into packaging – provide a cumulative record of thermal exposure history, enabling the inference of remaining shelf life without electronic infrastructure¹⁶. The combination of TTI data with IoT connectivity (NFC or QR code scanning) allows consumers and logistics operators to access real-time product status via smartphone, creating a closed-loop freshness communication channel.

The transformation of raw multi-channel sensor data into reliable quality judgments is accomplished through a hierarchy of data fusion algorithms operating at three levels. At the signal level, raw sensor outputs are filtered for noise (Butterworth, Kalman), baseline-drift compensated, and cross-sensitivity corrected to produce calibrated physical measurements. At the feature level, statistical and spectral descriptors – mean, variance, rate of change, fast Fourier transform coefficients – are extracted from time-windowed sensor streams to characterize the dynamic evolution of product quality. At the decision level, classifier ensembles – random forests, support vector machines, convolutional neural networks (CNNs), and long short-term memory (LSTMs) – integrate features from multiple sensing modalities to produce categorical quality grades or continuous shelf-life estimates¹⁷.

The deployment of inference models on edge microcontrollers under the TinyML paradigm – using frameworks such as TensorFlow Lite for Microcontrollers, Edge Impulse, or STM32Cube.AI – enables latency-free, privacy-preserving quality assessment at the sensor node itself, without data

¹⁵ Plakantara S.P. Op. cit.

¹⁶ IoT-Enabled Biosensors in Food Packaging. SmartFoodSafe White Paper. 2025. URL: <https://smartfoodsafes.com/wp-content/uploads/2025/11/IoT-Enabled-Biosensors-in-Food-Packaging-A-Breakthrough-in.pdf> (accessed: 14.05.2026).

¹⁷ Multimodal AI for Real-Time Food Safety and Quality. *Food Science & Nutrition*. 2025. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71534>.

transmission to external servers. Model quantization techniques (INT8, INT4) reduce model footprints to tens of kilobytes while retaining classification accuracy within 2–5% of full-precision equivalents, making TinyML deployments feasible on microcontrollers with as little as 256 KB of flash memory¹⁸. This architectural choice has profound implications for food safety in bandwidth-constrained environments such as refrigerated shipping containers, cold stores, and rural processing facilities, where reliable cloud connectivity cannot be assumed.

3. IoT monitoring systems as an enabler of ESG strategy in the food industry

The operationalization of ESG commitments in the food industry requires a robust data infrastructure capable of generating, storing, and communicating verifiable evidence of environmental and social performance across complex, multinational supply chains. IoT-based multisensor systems are uniquely positioned to fulfil this infrastructure role, providing the continuous, machine-readable data streams that ESG reporting frameworks – GRI Standards, SASB Food & Beverage Standards, TCFD, and the forthcoming IFRS Sustainability Disclosure Standards – increasingly require¹⁹. The OECD Global Corporate Sustainability Report 2025 underscores that credible ESG performance measurement is conditional on digital data infrastructure that eliminates reliance on self-reported, manually compiled metrics.

From the perspective of the Environmental dimension, IoT monitoring systems contribute to ESG goals through three primary pathways. First, real-time temperature and humidity monitoring in cold chain environments enables early detection of thermal excursions that would otherwise result in product spoilage and disposal, directly reducing food waste and its associated greenhouse gas emissions (methane from organic waste decomposition contributes approximately 8–10% of global anthropogenic emissions)²⁰. Second, energy consumption monitoring of refrigeration equipment, combined with predictive maintenance algorithms driven by vibration and thermal sensor data, reduces both energy use and the frequency of equipment failures that cause product loss. Third, the digitization of material flow data enables precise measurement of waste generation rates and water consumption at each production stage,

¹⁸ IONIAI. Food Industry 4.0 vs. Food Industry 5.0. 2025. URL: <https://ioni.ai/post/food-industry-4-0-vs-food-industry-5-0-whats-changing-in-the-future-of-food-manufacturing> (accessed: 14.05.2026).

¹⁹ OECD. Global Corporate Sustainability Report 2025. <https://doi.org/10.1787/bc25ce1e-en>.

²⁰ Digital Transformation as the driving force for green production. Tridge Analytics. 2025. URL: <https://www.tridge.com/news/digital-transformation-the-driving-force-hel-soofnd> (accessed: 14.05.2026).

providing the granular data required for carbon footprint calculation and Scope 3 emissions disclosure under TCFD and CSRD frameworks²¹.

The Social dimension of ESG is advanced through IoT systems in several interconnected ways. Consumer-facing transparency – enabled by scanning QR codes or NFC tags on IoT-connected smart packaging – provides immediate access to complete product provenance, processing conditions, and shelf-life status, empowering informed consumer choice and reducing unnecessary waste driven by misinterpretation of date labels. In production environments, wearable IoT sensors monitoring workers' physiological status and ambient conditions (temperature, noise levels, chemical exposure concentrations) support occupational health and safety management, a key social indicator assessed by SASB and GRI standards²². Furthermore, the deployment of automated monitoring systems at critical control points reduces the physical burden on quality assurance personnel, replacing repetitive manual inspection tasks with exception-based workflows that allow human judgment to focus on complex, high-value activities.

The governance implications of IoT-enabled food monitoring are particularly significant for regulatory compliance and supply chain accountability. Automated, tamper-evident digital records generated by IoT sensor networks provide regulators, auditors, and certification bodies with objective evidence of HACCP compliance, cold chain integrity, and traceability down to batch or individual unit level. The integration of blockchain-based immutable ledgers with IoT data streams further strengthens audit trails: sensor readings timestamped and anchored to a distributed ledger cannot be retroactively altered, providing a cryptographically verifiable compliance record²³. This capability is directly responsive to the provisions of the EU General Food Law Regulation (EC 178/2002) and the requirements of the EU Farm-to-Fork Strategy regarding end-to-end traceability.

Recent empirical research on European food sector enterprises confirms the strategic value of this integration: companies that combine digital transformation investments with structured ESG reporting demonstrate measurably better financial performance than digital-only or ESG-only adopters²⁴. The mechanism appears to operate through multiple channels: IoT-driven efficiency gains lower

²¹ Meemken E.-M. et al. Digital innovations for monitoring sustainability in food systems. *Nature Food*. 2024. Vol. 5. P. 656–660. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01018-6>.

²² BDO Ukraine. Smart systems and occupational safety: innovations shaping the future. 2025. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2025/smart-systems-and-occupational-safety> (accessed: 14.05.2026).

²³ A review of IoT, AI, and blockchain integration for bacterial contamination detection in food. *Food Control*. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.011312>.

²⁴ Marczewska M. et al. Op. cit.

operational costs; ESG compliance reduces regulatory risk; and transparent sustainability disclosure enhances brand equity and customer loyalty. In the Ukrainian agri-food context, an empirical analysis covering the period 2020–2024 has similarly identified a positive correlation between resource efficiency – as measured by digitally monitored process indicators – and composite ESG scores, suggesting that the business case for IoT investment in food safety monitoring is robust across diverse institutional environments.

A comprehensive ESG monitoring architecture for a food enterprise would encompass five functional tiers: (I) primary data acquisition via multisensor IoT nodes; (II) edge analytics for real-time HACCP compliance verification; (III) cloud aggregation and longitudinal trend analysis; (IV) ESG performance dashboard integrating IoT-derived environmental KPIs with social and governance metrics; and (V) automated regulatory and stakeholder reporting compliant with GRI, SASB, and TCFD disclosure requirements. This architecture transforms IoT infrastructure from a purely operational tool into an integrated corporate governance asset, embedding environmental accountability into the enterprise's real-time operational fabric²⁵.

CONCLUSIONS

The analysis presented in this chapter demonstrates that multisensor IoT systems represent a mature and strategically significant technology for the food industry, capable of simultaneously addressing operational efficiency imperatives, food safety regulatory requirements, and ESG accountability obligations. The multilayer architecture, combining sensor nodes, edge computing, LPWAN connectivity, and cloud analytics, provides a scalable, modular foundation adaptable to diverse production and logistics contexts – from single-site manufacturing facilities to geographically distributed cold chain networks.

The integration of heterogeneous sensor modalities – chemical, optical, biological, and physical – within a single multisensor platform, processed through hierarchical data fusion algorithms, achieves quality assessment accuracy that fundamentally exceeds the capabilities of any individual sensing technology. The operationalization of TinyML inference on embedded microcontrollers extends intelligent quality assessment to the network edge, enabling autonomous, latency-free decision-making in bandwidth-constrained environments. These capabilities translate directly into measurable reductions in food waste, spoilage, and product recalls.

²⁵ Food wastage analysis framework using comprehensive IoT solutions. *Global NEST Journal*. 2025. <https://doi.org/10.30955/gnj.007826>.

From the ESG perspective, IoT monitoring infrastructure generates the continuous, machine-readable, auditable data streams that underpin credible environmental disclosure, occupational safety management, and supply chain governance. Empirical research confirms that food enterprises combining digital transformation with structured ESG reporting achieve superior financial performance, establishing a compelling business case for investment in multisensor IoT systems beyond their immediate operational benefits. The integration of blockchain-based immutable audit trails with IoT data further elevates governance standards to meet the expectations of regulators, investors, and consumers alike.

Promising directions for future research include: the development of standardized interoperability protocols for heterogeneous food IoT ecosystems within the Industry 5.0 framework; the systematic assessment of cybersecurity vulnerabilities in food IoT infrastructure and the design of sector-specific threat mitigation frameworks; and the quantification of the lifecycle carbon footprint of IoT sensor deployment and operation, enabling accurate net environmental benefit calculation for inclusion in Scope 3 ESG disclosures.

SUMMARY

This chapter provides a comprehensive analysis of multisensor IoT systems for food quality and safety monitoring in the context of Industry 4.0 and ESG frameworks. The multilayer system architecture – spanning sensor nodes, edge computing, LPWAN communication, and cloud analytics – is examined in detail, with emphasis on hardware platforms for specialized embedded systems. Five principal sensor modalities (chemical, biosensors, optical, physical, nanosensors) are reviewed alongside hierarchical data fusion methodologies, including TinyML deployment on microcontroller platforms. The chapter establishes the role of IoT monitoring infrastructure as a strategic enabler of ESG performance across environmental (waste reduction, energy efficiency, carbon footprint), social (consumer transparency, occupational safety), and governance (traceability, regulatory compliance, blockchain audit trails) dimensions. Empirical evidence from European food sector companies confirms a positive relationship between digital transformation, ESG compliance, and firm performance. Future research directions are identified in the areas of Industry 5.0 interoperability, IoT cybersecurity, and lifecycle ESG impact assessment.

Bibliography

1. Muller W. A., Ferreira S. B., da Silva S. B. Enhancing Food Safety in the Cold Chain Through Internet of Things and Artificial Intelligence. *Journal of Food Science*. 2026. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70871>.

2. FAO. Food Loss and Waste Database. URL: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste> (accessed: 10.05.2026).
3. Fortude. Sustainable Digital Transformation for Food and Beverage Businesses in 2025–26. URL: <https://fortude.co/blog/why-sustainable-digital-transformation-is-non-negotiable-for-food-and-beverage-fb-businesses-in-2025-26> (accessed: 14.05.2026).
4. Marczevska M., Hegerty S. W., Panwar R., Kostrzewski M. Digital transformation, ESG, and companies performance: an exploratory study of the European food sector. *Journal of Technology Transfer*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10247-1>.
5. Plakantara S. P., Karakitsiou A. The future of digital innovation in transforming food safety systems. *npj Science of Food*. 2026. <https://doi.org/10.1038/s41538-026-00809-4>.
6. Sensor technologies in the food industry under industry 4.0. Food Control. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.002288>.
7. IEEE. Application Areas of Industry 4.0 Technologies in Food Manufacturing. 2019. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8711184>.
8. IoT-Based Food Quality Monitoring System. Scribd. 2025. URL: <https://www.scribd.com/document/878788761> (accessed: 14.05.2026).
9. ANKO Food Machine. AI and IoT innovations improve food production efficiency. 2024. URL: <https://www.anko.com.tw/uk/news/Press-smart-food-manufacturing-IoT-technology.html> (accessed: 14.05.2026).
10. WorldBakers. Step by Step to Digital Food Safety. 2024. URL: <https://www.worldbakers.com/step-by-step-to-digital-food-safety> (accessed: 14.05.2026).
11. IoT-Enabled Biosensors in Food Packaging. SmartFoodSafe White Paper. 2025. URL: <https://smartfoodsafes.com/wp-content/uploads/2025/11/IoT-Enabled-Biosensors-in-Food-Packaging-A-Breakthrough-in.pdf> (accessed: 14.05.2026).
12. Multimodal AI for Real-Time Food Safety and Quality: From Sensors to Intelligence. Food Science & Nutrition. 2025. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71534>.
13. OECD. Global Corporate Sustainability Report 2025. <https://doi.org/10.1787/bc25ce1e-en>.
14. Meemken E.-M., Becker-Reshef I., Klerkx L. et al. Digital innovations for monitoring sustainability in food systems. *Nature Food*. 2024. Vol. 5. P. 656–660. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01018-6>.
15. A review of IoT, AI, and blockchain integration for bacterial contamination detection in food. Food Control. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.011312>.

16. Food wastage analysis framework using comprehensive IoT solutions. *Global NEST Journal*. 2025. <https://doi.org/10.30955/gnj.007826>.
17. IONI AI. Food Industry 4.0 vs. Food Industry 5.0: What's Changing in the Future of Food Manufacturing. 2025. URL: <https://ioni.ai/post/food-industry-4-0-vs-food-industry-5-0-whats-changing-in-the-future-of-food-manufacturing> (accessed: 14.05.2026).
18. Digital Transformation: the driving force helping businesses green their production. Tridge Analytics. 2025. URL: <https://www.tridge.com/news/digital-transformation-the-driving-force-hel-soofnd> (accessed: 14.05.2026).
19. Advancing Food Safety Through IoT: Real-Time Monitoring and Control Systems. *International Medical Science Research Journal*. 2024. Vol. 4 (3). <https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i3.919>.

Information about the author:

Tkachuk Taras Ihorovych,

Candidate of Technical Sciences,

Senior Lecturer at the Department of Specialized Computer Systems

Lviv Polytechnic National University

12 Stepana Bandery Street, Lviv, Ukraine

INTEGRATION OF THE HACCP FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM INTO THE TECHNOLOGY OF THERMOSTABLE SAUCES

Yanushkevych O. I., Hrynchenko N. H., Serik M. L.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-17>

INTRODUCTION

The modern development of the food industry is characterized by increasing requirements for the quality, safety, and stability of food products, driven both by stricter regulatory frameworks and growing consumer expectations. The globalization of food markets, expansion of international trade, and harmonization of requirements for food production are shaping new approaches to organizing technological processes and quality management systems. Under these conditions, ensuring product safety is considered not only a mandatory legislative requirement but also one of the key factors of competitiveness for food industry enterprises.

In modern conditions, the HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) food safety management system is recognized as an internationally accepted tool for risk prevention and control of hazardous factors at all stages of production. The HACCP concept is based on the principle of preventive management, which enables timely identification of potential biological, chemical, and physical hazards and ensures their control before nonconformities appear in the finished product. Unlike the traditional approach focused mainly on final product inspection, HACCP principles provide systematic risk management through hazard identification, assessment, and implementation of preventive measures directly within the technological process.

For the production of thermostable sauces, the integration of the HACCP system is of particular importance, as this category of products is highly sensitive to changes in physicochemical parameters, temperature conditions, microbiological stability, packaging processes, and storage conditions. Insufficient control of technological factors may result in loss of structural stability, deterioration of organoleptic characteristics, reduction of thermal resistance, and the emergence of potential risks for consumers. Special

attention should be paid to the stages of raw material reception, preparation of formulation components, homogenization, heat treatment, packaging, and storage condition control, since these stages form the critical control points for ensuring product safety.

Furthermore, the implementation of the HACCP system into thermostable sauce production technology allows not only minimizing risks to consumer health but also improving process management, ensuring product quality reproducibility, reducing technological losses, and optimizing the use of enterprise resources. This approach contributes to the transition from a reactive control model to a proactive production management system that meets modern requirements of sustainable development and international food safety standards.

1. Theoretical foundations of integrating the HACCP food safety management system into food production

The current stage of food industry development is characterized by profound structural changes associated with market globalization, intensification of production processes, expansion of international trade, and increasing requirements for the quality and safety of food products. The food industry is one of the most socially significant sectors of the economy, as it directly affects public health, the level of food security, and the overall quality of life. Under these conditions, ensuring food safety acquires strategic importance and is considered a complex task that combines technological, organizational, regulatory, and managerial aspects^{1, 2}.

Traditional approaches to product quality control have long been based primarily on assessing the characteristics of the finished product after completion of the production cycle. Such a model involved laboratory testing and selective control of individual indicators without considering the risks generated at earlier production stages. However, the development of modern technologies and the increasing complexity of food systems have demonstrated the limitations of this approach. Control of only the final product does not allow timely prevention of hazardous factors and does not provide a sufficient level of food safety assurance.

The modern concept of food safety management is based on the principles of preventive risk management and is focused not on eliminating consequences

¹ Silva E., Associados P. et al. Food Safety Management Systems. Luxembourg : European Commission, Erasmus+ Programme, 2019. 302 p.

² Radu E., Dima A., Dobrota E. M., Badea A.-M., Madsen D. Ø., Dobrin C., Stanciu S. Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (8). Article e18232.

but on preventing hazardous situations. For this reason, the HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) system has become widely adopted in international practice and is currently recognized as one of the most effective tools for managing food safety³.

Historically, the HACCP system was developed in the second half of the twentieth century within programs aimed at ensuring safe food for space missions. The initial objective was to create a control mechanism that would virtually eliminate the risk of hazardous factors occurring in food products. Subsequently, the system was adapted for industrial production and integrated into international standards for quality and food safety management.

The main idea of the HACCP system is to identify potential hazards at all stages of the product life cycle – from raw material procurement to the distribution of the finished product – and to implement control mechanisms at the most critical points of the technological process. Such an approach makes it possible to minimize the probability of risk occurrence and ensure production stability^{4, 5}.

Within the HACCP system, all hazards are traditionally classified into three main categories: biological, chemical, and physical. Biological hazards include pathogenic microorganisms, yeasts, molds, and their metabolic by-products. Chemical hazards are associated with residues of cleaning agents, heavy metals, toxic compounds, allergens, or excessive use of food additives. Physical hazards refer to foreign objects that may enter the product during production.

The effectiveness of the HACCP system is ensured through the implementation of seven fundamental principles. The first stage involves conducting hazard analysis and risk assessment. The next step is identifying critical control points – stages of production where monitoring can be applied to prevent hazards. For each critical control point, critical limits, monitoring procedures, corrective actions, and system verification mechanisms are established.

A distinctive feature of the modern approach to HACCP implementation is the integration of the system directly into the enterprise's production processes. The system ceases to function as a separate control tool and is transformed into a comprehensive mechanism for managing the entire production activity. Such an approach enables the integration of product quality, resource efficiency,

³ Radu E., Dima A., Dobrota E. M., Badea A.-M., Dobrin C., Stanciu S. Recent trends in food safety management systems and HACCP implementation in the global food industry. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.

⁴ Awuchi C. G. HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems. *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9. DOI: 10.1080/23311932.2023.2176280.

⁵ Zarid M. et al. The Green HACCP Approach: Advancing Food Safety and Sustainability Integration. *Sustainability*. 2025. Vol. 17 (17). Article 7834.

environmental sustainability, and economic performance within the production system⁶.

The implementation of HACCP requires the establishment of an appropriate organizational structure within the enterprise. The integration process involves a cross-functional team of specialists, including technologists, quality assurance professionals, production personnel, laboratory representatives, and management staff. Such a model makes it possible to develop a systematic understanding of risks and ensure effective control over production processes.

The principle of product traceability plays a significant role in the functioning of the system. Traceability provides the ability to identify the origin of each component, determine the specifics of its use in production, and monitor product movement throughout the entire value creation chain. This enables enterprises to respond promptly to cases of nonconformity and minimize economic losses⁷.

Digitalization of production plays a separate and increasingly important role in modern food safety management systems. The use of automated monitoring systems, electronic document management, digital control of technological process parameters, and analytical platforms significantly improves the effectiveness of HACCP implementation. Automation enables continuous monitoring of critical parameters and ensures greater accuracy in managerial decision-making.

An important prerequisite for the effective functioning of the system is compliance with prerequisite programs (PRPs), which include sanitary and hygienic measures, equipment condition control, organization of the production environment, personnel training, and the provision of proper manufacturing conditions. These prerequisite programs create the foundation for the further functioning of the HACCP system and determine the level of its effectiveness⁸.

The food safety management system is also closely connected with the concept of sustainable development and modern international approaches to responsible production. Today, product safety is considered not only a technological characteristic but also a component of the environmental and social responsibility of an enterprise. Rational resource utilization, reduction of production losses, minimization of food waste, and improvement of energy

⁶ Peres F. A. P., Bondarczuk B. A., Gomes L. C., Jardim L. C., Corrêa R. G. F., Baierle I. C. Advances in food quality management driven by Industry 4.0: A systematic review-based framework. *Foods*. 2025. Vol. 14. Art. 2429.

⁷ Thume M., Lange J., Unkel M., Prange A., Schürmeyer M. Blockchain-based traceability in food supply chains: Requirements and challenges. *Int. J. Sustain. Agric. Manag. Inform.* 2022. Vol. 8. P. 243–258.

⁸ Dadhaneeya H., Nema P., Arora V. Internet of Things in food processing and its potential in Industry 4.0 era: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2023. Vol. 139. Art. 104109.

efficiency are increasingly being integrated into food safety management policies⁹.

At the international level, the HACCP system has been integrated into the requirements of the ISO standards series and is used as a fundamental element of food safety management systems. For food industry enterprises, compliance with these requirements has become a necessary condition for entering international markets and enhancing competitiveness. International certification and implementation of food safety management systems not only confirm product compliance with established requirements but also contribute to strengthening consumer confidence, expanding export opportunities, and improving the overall efficiency of enterprise operations.

Therefore, the integration of the HACCP food safety management system into food production represents a logical response to the current challenges facing the food industry. The application of a risk-based approach, systematic control, and preventive management creates the conditions necessary to improve product quality, ensure production stability, and strengthen consumer confidence. Under modern conditions, the HACCP system serves not only as a tool for meeting regulatory requirements but also as a strategic component in the development of efficient, competitive, and sustainable food production.

2. Scientific and practical aspects of HACCP implementation in thermostable sauce technology

Ensuring food safety is one of the key priorities of the modern food industry, as product quality and safety directly affect public health and consumer confidence in manufacturers. In the context of the globalization of food markets, the implementation of food safety management systems based on scientifically grounded approaches and international standards has become increasingly important [3–7]. One of the most effective and internationally recognized systems for ensuring food safety is the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system^{10, 11, 12}.

The HACCP system is based on a preventive approach to risk management, the core principle of which is the identification of potential hazards at all stages of the technological process – from raw material reception to the production

⁹ Alimadani R., Adedeji A.A., Narimani M. A review of IoT applications in food processing and related fields. *J. Food Process. Preserv.* 2025, 2025, 3064441.

¹⁰ Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 (Rev. 2020). Rome: FAO/WHO, 2020.

¹¹ ISO 22000:2018. Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

¹² Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 2004.

and distribution of finished products – and the prevention of their occurrence through the establishment of appropriate control measures. This approach significantly reduces the likelihood of hazardous situations and ensures the consistent safety of food products^{13, 14}.

The implementation of the HACCP system is of particular importance in food production, especially in the manufacturing of sauces, which are characterized by complex formulations and multi-stage technological processes. Thermostable sauces contain a wide range of ingredients of both animal and plant origin, increasing the risk of biological, chemical, and physical hazards. Therefore, the application of a systematic risk management approach is an essential prerequisite for ensuring the consistent safety of such products.

At the initial stage, a detailed product description was developed, including composition, key physicochemical and microbiological characteristics, storage conditions, and shelf life. In addition, the intended use, type of consumer packaging, target market, and other relevant product attributes were identified. This approach enables clear product identification and provides the foundation for further hazard analysis within the HACCP system (Table 1).

Table 1

Product Description	
Section / Requirement Name	Product Characteristics
1	2
Name	Thermostable sauces based on dairy raw materials (assorted range)
Target Market	Food industry enterprises and HoReCa sector (restaurants, cafés, catering), as well as retail consumers using thermostable sauces for quick preparation and consumption
Intended Use	The product is ready for consumption or used as an ingredient in prepared dishes; reheating is allowed without loss of stability and quality
Known and Potential Foreseeable Misuse and Associated Hazards	Use by individuals allergic to milk proteins (or other allergens) → allergic reactions of varying severity. Use not intended by the manufacturer (e.g., in infant or specialized nutrition without composition assessment) → non-compliance with dietary requirements and potential health risks
Regulatory Document	TU U 10.8-44234755-001-2024 “Hot Sauces Based on Dairy Raw Materials”

¹³ Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України № 771/97-ВР від 23.12.1997 (зі змінами).

¹⁴ Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах HACCP : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 590 від 01.10.2012.

Continuation of table 1

1	2
Method of Distribution	Distributed through wholesale supply to food industry enterprises and HoReCa establishments, as well as retail trade (supermarket chains and stores)
Composition	Prepared drinking water, sunflower oil, modified corn starch, whey protein concentrate [MILK], dried cream [MILK], butter (cream from cow's milk) [MILK] , xanthan gum thickener, salt, sugar, allspice, nutmeg
Physicochemical Characteristics	Dry matter content, %; Protein content, %; Fat content, %; Carbohydrate content, %; Mineral content, %
Microbiological Criteria	Total viable count of lactic acid bacteria; Coliform bacteria (<i>E. coli</i>); Pathogenic microorganisms; <i>Staphylococcus aureus</i> ; <i>Listeria monocytogenes</i> ; Yeasts and molds
Allergens	Milk
Packaging	Doy-pack pouches suitable for filling at temperatures not lower than 92 °C
Labelling / Instructions on the Label	Product name, processing method, name and address of the food business operator, list of ingredients, quantity of specific ingredient groups, quantity of food product in established measurement units, storage conditions, "use by" date, nutritional information per 100 g of product, batch identification and designation (L), ingredients causing allergic reactions highlighted in bold
Shelf Life	45 days
Storage Conditions	Store at 1–6 °C
Target Consumer	General consumer population, including different age groups and food service establishments. The product is not recommended for individuals with allergies to milk and other ingredients included in the formulation

Hazard identification is a key stage in the development of a food safety management system, as it enables the determination of factors that may potentially adversely affect the safety and quality of the finished product. For the developed thermostable sauces, this analysis was conducted taking into account the product formulation, characteristics of raw materials, production conditions, and storage requirements.

Analysis of biological hazards. Biological hazards include pathogenic and opportunistic microorganisms that may enter the product through raw

materials, water, or as a result of non-compliance with sanitary and hygienic production conditions. The most probable microbiological risks associated with sauces include bacteria of the genera *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli*, as well as yeasts and molds.

It was determined that particular attention should be paid to dairy ingredients in the formulation – whey/milk protein concentrate, butter, and dried cream – since dairy-derived products may represent potential sources of microbiological contamination. In addition, hazards may arise from the use of water if it does not comply with sanitary requirements. Spices may also contain a significant microbial load, as they are plant-derived products with naturally occurring microflora. To minimize biological risks in thermostable sauce production technology, heat treatment of the product plays a critical role, together with strict compliance with good sanitary and hygienic manufacturing practices.

Analysis of chemical hazards. Chemical hazards include residues of cleaning and disinfecting agents, toxic elements, pesticide residues in plant-derived raw materials, as well as potential allergens. In the production of thermostable sauces, one of the main allergenic components is dairy ingredients, particularly whey proteins, cream, and butter. In addition, spices may serve as a source of chemical hazards, as they can contain residual amounts of pesticides or mycotoxins. Another potential source of chemical contamination includes residues of lubricants from processing equipment or cleaning agents used during sanitation of production surfaces.

To control chemical hazards, it is necessary to ensure rigorous quality control of raw materials, use only approved food ingredients and additives, and comply with established requirements for the application of cleaning and disinfecting agents.

Analysis of physical hazards. Physical hazards are associated with the possible presence of foreign materials in the product, such as fragments of glass, metal, plastic, or other solid particles. Such hazards may arise during raw material storage, processing operations, or packaging of the finished product.

The main sources of physical hazards may include equipment damage, the use of inadequate packaging materials, violations of technological discipline, or insufficient process control. To prevent such hazards, it is necessary to implement a foreign object control system that includes regular equipment maintenance, the use of metal detectors, packaging integrity inspection, and compliance with personnel hygiene requirements.

A generalized list of ingredients with the identification of potential hazards is presented in Table 2.

Following the identification of potential hazards, a risk assessment was carried out based on determining the probability of occurrence of each hazardous

Table 2

Generalized List of Ingredients with Identification of Potential Hazards

Raw Material Name	Potential Hazards			Regulatory Document
	Physical (P)	Chemical (C)	Biological (B)	
Main Raw Materials				
Drinking water	–	++	+++	DSTU 7525
Refined deodorized sunflower oil	+	++	–	DSTU 4492
Whey protein concentrate	++	–	++	According to applicable regulatory documentation
Dried cream	++	+	++	DSTU 4273
Butter	+	+	+	DSTU 4399
Xanthan gum	+	–	–	According to applicable regulatory documentation
Modified corn starch	+	–	+	DSTU 4380
Auxiliary Raw Materials				
Salt	++	–	–	DSTU 3583
Sugar	++	–	–	DSTU 4623
Nutmeg	++	–	++	DSTU 7411
Allspice	++	–	++	DSTU ISO 959-2
Packaging Materials				
Doy-pack	+	++	–	According to applicable regulatory documentation
Legend: +++ high probability of contamination ++ medium probability of contamination + low probability of contamination – contamination level does not pose significant hazards				

factor and the severity of its potential consequences. During this analysis, those hazards requiring the establishment of specific control measures within the HACCP system were identified.

For the technology of thermostable sauce production, the most significant hazards were microbiological risks associated with the use of dairy ingredients and water, as well as the risk of cross-contamination during production processes. Particular attention was also given to allergenic factors related to the presence of milk proteins in the formulation. Although physical hazards demonstrated a lower probability of occurrence, they must also be effectively controlled within the framework of prerequisite programs (PRPs) (Table 3).

Table 3

Summary of Hazard Analysis for Raw Materials and Packaging Materials

Raw Material Name	Biological Hazards	Chemical Hazards	Physical Hazards	Control Measures
Drinking water	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , total viable count	Nitrates, heavy metals, chlorine, CIP residues	Sand, rust	Water analysis, disinfection, filtration
Refined deodorized sunflower oil	—	Pesticides, oxidation products, solvents	Metal, plastic	Certificates, quality control, storage conditions
Whey protein concentrate	<i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus</i>	Antibiotics	Metal, lumps	Certificates, storage conditions
Dried cream	<i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> , microbial spores	Fat oxidation products, antibiotics	Lumps, foreign particles	Certificates, storage conditions
Butter	Total viable count, <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , coliform bacteria	Oxidation products	Foreign inclusions	Certificates, storage at specified temperatures
Xanthan gum	Microbial spores	Residues of production reagents	Dust, lumps	Certificate, sieving
Modified corn starch	<i>Bacillus</i> spores	Residues of modification reagents	Lumps, foreign impurities	Certificate, sieving
Table salt	—	Impurities, anti-caking agents, heavy metals	Stones, foreign impurities	Certificate, visual inspection, sieving
Sugar	Osmophilic yeasts, rarely	Sulfites	Foreign impurities, threads from bags	Certificate, sieving
Nutmeg	<i>Salmonella</i> , yeasts and molds	Pesticides, mycotoxins	Foreign impurities	Certificate, spice sterilization if necessary Certificate, spice sterilization if necessary
Allspice	<i>Salmonella</i> , yeasts and molds	Pesticides, mycotoxins	Foreign impurities	
Doy-pack packaging	Secondary contamination	Migration of substances from packaging material	Plastic, foreign particles	Certificate, visual inspection

Thus, the conducted hazard analysis of raw materials and packaging materials made it possible to identify the key risks characteristic of thermostable sauce production technology and to establish the foundation for further determination of Critical Control Points (CCPs) and the development of an effective HACCP system.

The determination of Critical Control Points (CCPs) was carried out using the algorithm recommended by the Codex Alimentarius, which involves a step-by-step assessment of each stage of the technological process through the application of the so-called decision tree. This tool is based on a series of questions regarding the existence of a hazard, the possibility of controlling it, and the role of a specific process stage in preventing or eliminating the identified risk.

In particular, the CCP determination algorithm included:

- assessment of hazard significance (probability of occurrence and severity of consequences);
- identification of available control measures at a particular process stage;
- evaluation of whether subsequent processing stages can eliminate or reduce the hazard to an acceptable level;
- determination of whether the given stage is critical for ensuring product safety.

The flow diagram of thermostable sauce production with the identification of CCPs and Operational Prerequisite Programs (OPRPs) is presented in Figure 1.

A Critical Control Point was defined as a stage at which control is necessary and sufficient to prevent, eliminate, or reduce a hazard to an acceptable level. As a result of applying the specified algorithm, the pasteurization stage was identified as a CCP because it ensures the inactivation of pathogenic microflora. In addition, the storage stage of the finished product was classified as a CCP, as it provides control over residual microbial growth and maintains product safety throughout the entire shelf life.

At the same time, several other stages of the technological process were classified as Prerequisite Programs (PRPs). This approach is consistent with the recommendations of the Codex Alimentarius, according to which a significant proportion of hazards can be effectively controlled through prerequisite programs, including Good Manufacturing Practices (GMP) and Good Hygiene Practices (GHP). Within the proposed scheme, the processes of mechanical and thermal treatment of raw materials, as well as the packaging process, were classified as PRPs. Although packaging does not directly eliminate hazards, it is considered critical in terms of preventing secondary microbiological contamination of the product after pasteurization.

Therefore, the application of the Codex Alimentarius decision-making algorithm enabled a scientifically justified differentiation of technological process stages into Critical Control Points (CCPs) and Prerequisite Programs

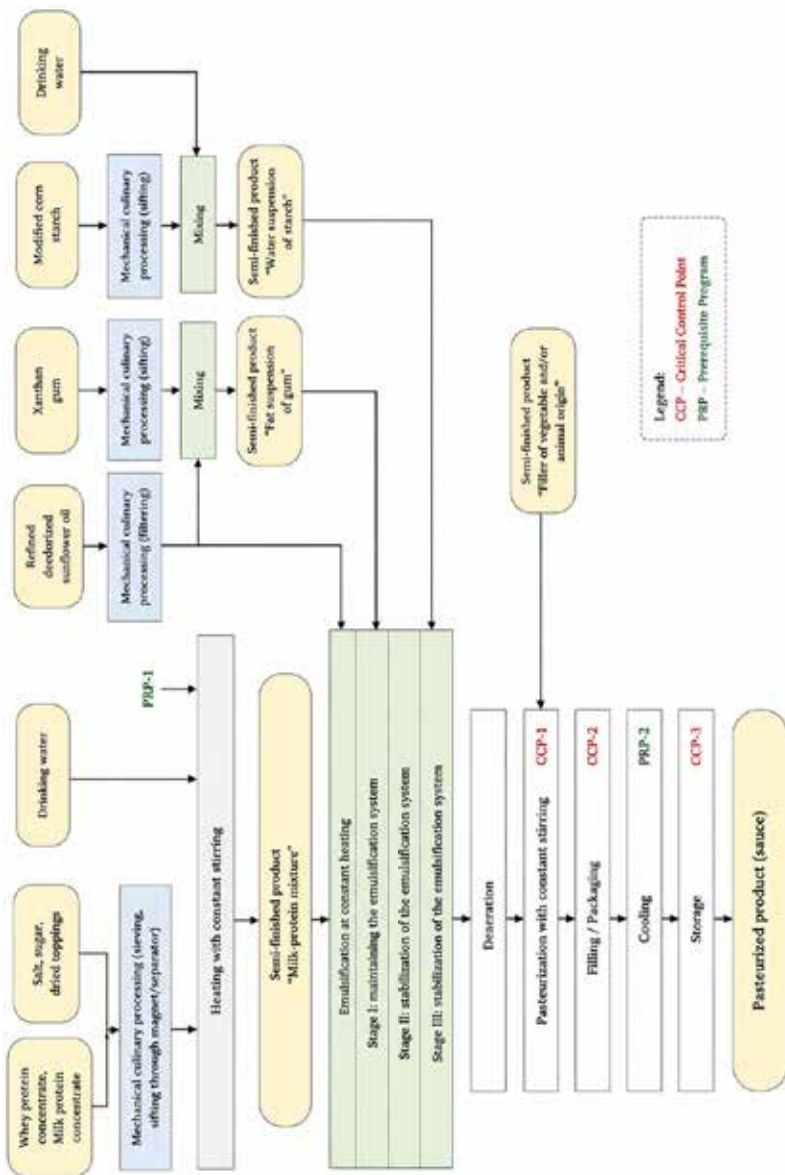


Fig. 1. Flow diagram of thermostable sauce production with identification of critical control points (CCPs) and prerequisite programs (PRPs)

(PRPs). Critical Control Points ensure direct control of hazardous factors, whereas operational prerequisite programs establish the systemic foundation for food safety management aimed at preventing the occurrence and spread of hazards within the production environment.

Based on the comprehensive analysis of hazards that may arise at all stages of the technological process of thermostable sauce production, a HACCP plan was developed to ensure an appropriate level of safety and quality of the finished product (Table 4).

The first Critical Control Point (CCP) was identified at the stage of pasteurization of the formulation mixture, which is carried out under continuous agitation. This stage is considered a key operation within the technological process, as it ensures the destruction of pathogenic microorganisms, including *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli*. The critical limits established for this process include maintaining a temperature not lower than 90–92 °C for a specified technological holding time. Control is performed through continuous temperature monitoring using measuring and control instruments, accompanied by appropriate record keeping. In the event of deviation from the established parameters, the process is immediately stopped, the affected product batch is isolated, and, following identification of the cause of nonconformity, a decision is made regarding either repeated heat treatment or withdrawal of the batch. Therefore, pasteurization was identified as the primary Critical Control Point because biological hazards are effectively eliminated at this stage.

The second Critical Control Point was determined to be the storage stage of the finished product. Following pasteurization and packaging, the product is not sterile; therefore, violations of the temperature regime may promote the growth of residual microflora, leading to a reduction in product safety and quality. For this stage, the critical limit was established as a storage temperature not exceeding 6°C throughout the entire shelf life. Monitoring is performed through regular temperature measurements in refrigeration equipment and documentation using logbooks or automated recording systems. In cases where acceptable temperature limits are exceeded, refrigeration equipment functionality is inspected, product safety is assessed, and a decision is made regarding further use of the product or withdrawal of the affected batch from circulation.

Mechanical culinary processing of raw materials (PRP-1), which includes sieving of dry ingredients, filtration of liquid components, and the use of magnetic separators, is aimed at eliminating physical hazards, particularly metal particles and other foreign matter. The effectiveness of these control measures is ensured through proper technical condition of the equipment,

Table 4

Plan HACCP

Technological Process Stage	Hazard Factor	CCP / PRP No.	Critical Limits	Monitoring (What / Where / How / When / Who)	Control Measures	Corrective and Corrective Actions	Validation	Verification
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pasteurization	Biological	CCP-1	Temperature: 90–92 °C; holding time: 7–10 min according to technological instructions	What: temperature and time; Where: pasteurization tank; How: internal temperature measurement; When: each process; Who: operator	Chief technologist/ engineer records parameters at least 5 times per shift	Corrections: stop process, isolate affected product, restore parameters. Corrective actions: cause analysis, equipment calibration, process adjustment, personnel training, strengthened monitoring, re-pasteurization/ testing/disposal	Microbiological testing of finished product; scientific justification of temperature–time regime	Periodic microbiological testing; audit of monitoring records; calibration of measuring equipment
Storage	Biological	CCP-2	Storage temperature: 1–6 °C	What: storage temperature; Where: refrigeration chamber; How: thermometer readings; When: twice per shift; Who: warehouse manager / laboratory engineer	Monitoring storage conditions and analyzing records	Corrections: inspection of refrigeration system, isolation of product, restoration of temperature. Corrective actions: equipment maintenance, improved loading conditions, personnel training	Confirmation that $\leq 6^{\circ}\text{C}$ suppresses microbial growth; microbiological testing during shelf life	Temperature record review; microbiological studies; calibration; internal audits

Continuation of table 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mechanical Culinary Processing of Raw Materials (Sieving)	Physical	PRP-1	No foreign materials allowed; sieve opening ≤ 1 mm	What: foreign materials; Where: sieving area; How: visual inspection; When: beginning of each shift; Who: operator	Daily reporting and equipment supervision	Corrections: stop process, isolate raw materials, clean or replace sieves. Corrective actions: maintenance review, repair, personnel instruction	Confirmation of sieving effectiveness; compliance of sieve specifications	Inspection of sieve integrity; review of records; internal audits
Packaging	Physical	PRP-2	Prevention of contamination caused by inadequate sanitary conditions	What: equipment sanitation, packaging integrity, personnel hygiene; Where: packaging area; How: visual inspection and microbiological swabs; When: every 2–4 h and monthly; Who: packaging operator / laboratory engineer	Monitoring sanitation, packaging quality, hygiene, cleaning and disinfection	Corrections: stop packaging, isolate product, sanitize equipment, replace packaging. Corrective actions: sanitation review, personnel training, increased monitoring	Confirmation of effectiveness of sanitation procedures; microbiological testing of swabs	Review of sanitation records; microbiological control; packaging compliance audits

regular maintenance procedures, and continuous monitoring of operational performance.

Particular importance among the Prerequisite Programs is assigned to the packaging stage (PRP-2), which is considered critical in terms of the risk of product recontamination following heat treatment. Hazard management at this stage is based on compliance with the principles of Good Manufacturing Practice (GMP), including the use of clean packaging materials, maintenance of sanitary conditions of equipment, control of personnel hygiene, and monitoring of production environment parameters. Monitoring activities are carried out through sanitary documentation records, visual inspections, and periodic microbiological testing.

3. Evaluation of the effectiveness of HACCP system integration and prospects for improving thermostable sauce technology

The integration of the HACCP food safety management system into thermostable sauce production is an important tool for ensuring the stability of technological processes, improving product quality, and minimizing risks associated with the occurrence of hazardous factors. Under modern operating conditions of food industry enterprises, the evaluation of the effectiveness of implemented management systems becomes particularly significant, as it enables assessment of the degree of achievement of established objectives, evaluation of the effectiveness of applied control measures, and identification of directions for further production improvement.

The HACCP system is regarded not only as a mechanism for compliance with regulatory requirements but also as a comprehensive tool for managing technological processes and ensuring product competitiveness. Therefore, the evaluation of the effectiveness of its integration should be carried out comprehensively and should include technological, microbiological, organizational, economic, and managerial indicators.

One of the key criteria for evaluating the effectiveness of HACCP integration into thermostable sauce technology is ensuring the stability of finished product quality indicators. Thermostable sauces belong to multicomponent dispersed systems for which maintaining emulsion structure integrity, rheological stability, resistance to thermal stress, and preservation of specified organoleptic properties throughout the entire shelf life are of particular importance.

Evaluation of system performance involves the analysis of a set of indicators, among which the physicochemical characteristics of the product are of special significance. These include active acidity (pH), moisture content, fat content, viscosity parameters, emulsion stability, water-holding capacity, and structural

stability after thermal treatment. Monitoring of these parameters enables timely identification of deviations and prevention of undesirable changes in the finished product.

An equally important evaluation criterion is the microbiological safety of thermostable sauces. The effectiveness of HACCP system integration is confirmed by reducing the risk of the growth of pathogenic and opportunistic microorganisms, decreasing the incidence of non-compliance with sanitary standards, and stabilizing the microbiological purity indicators of the product. To achieve this, particular importance is assigned to the control of temperature regimes, duration of heat treatment, sanitary condition of equipment, and packaging conditions.

During the evaluation of system performance, it is also important to consider indicators of production stability. These include the level of product defects, frequency of technological deviations, number of corrective actions, and volume of production losses. Practical implementation of the HACCP system demonstrates that systematic monitoring of Critical Control Points (CCPs) significantly reduces the number of customer complaints, minimizes raw material losses, and improves overall process controllability.

A separate aspect of evaluation is the economic effectiveness of HACCP system integration. Despite the need for initial investments in equipment modernization, personnel training, and documentation development, enterprises obtain substantial economic benefits in the long term. The main outcomes include reduced quality control costs, lower product return rates, increased production efficiency, and optimized resource utilization.

The application of the HACCP system in thermostable sauce technology also contributes to improving production traceability. Modern enterprises are increasingly implementing digital monitoring systems, automated control of technological parameters, and electronic databases for recording monitoring results. The use of digital tools enables more efficient managerial decision-making and reduces the influence of the human factor.

A promising direction for improving thermostable sauce technology is the implementation of the concept of risk-based design of technological processes. This approach involves considering potential hazards already at the stage of formulation development and selection of processing conditions. Such an approach enables the development of more stable products and minimizes the need for subsequent corrective actions.

The use of innovative functional ingredients is becoming increasingly relevant, as these components simultaneously perform technological and stabilizing functions. The application of natural thickeners, modified protein systems, plant-based stabilizers, and next-generation emulsions makes it

possible to improve the structural stability of thermostable sauces and reduce the risks of quality deterioration.

One of the most promising directions is the application of digitalization technologies and the Industry 4.0 concept in sauce production. The integration of automated systems for monitoring temperature, humidity, pH, and rheological parameters creates opportunities for transitioning to predictive management of production processes. The analysis of accumulated data enables not only control of current production conditions but also prediction of potential risks and prevention of their occurrence.

Further improvement of thermostable sauce technology is also associated with the implementation of sustainable development principles and resource efficiency. Particular importance is attached to reducing raw material losses, reusing resources, decreasing energy consumption, and implementing environmentally safe technological solutions. Under modern conditions, an effective food safety management system should ensure not only compliance with regulatory requirements but also support the environmental and economic sustainability of production.

An important prerequisite for the further development of food safety management systems is the improvement of personnel qualifications. The effectiveness of HACCP largely depends on the level of employee training, their ability to identify risks, and their capacity to respond promptly to deviations in technological parameters. Therefore, personnel training and the development of a food safety culture become integral components of the operation of modern food enterprises.

Thus, the evaluation of the effectiveness of HACCP system integration into thermostable sauce technology confirms its significant potential for improving product safety, stability, and competitiveness. Further development in this area is associated with production digitalization, implementation of innovative technological solutions, application of functional ingredients, and transition toward comprehensive quality and risk management throughout all stages of the product life cycle.

CONCLUSIONS

The conducted study confirmed that the integration of the HACCP food safety management system into thermostable sauce technology is an effective and scientifically justified approach to ensuring product safety, stability, and quality under modern food production conditions. The implementation of preventive risk management principles enables systematic identification, assessment, and control of potential hazards throughout all stages of the technological process, from raw material reception to storage and distribution of the finished product.

The analysis of theoretical foundations demonstrated that modern food safety management is based on a transition from traditional final product inspection toward integrated preventive control systems aimed at minimizing risks before they occur. In this context, the HACCP system serves not only as a regulatory compliance mechanism but also as a strategic management tool that contributes to increasing production efficiency and strengthening enterprise competitiveness.

The scientific and practical assessment of HACCP implementation in thermostable sauce production made it possible to identify the most significant biological, chemical, and physical hazards associated with raw materials, processing conditions, and storage requirements. Special attention was given to microbiological risks related to dairy ingredients and water quality, allergenic factors caused by milk-derived components, and potential sources of physical contamination. Based on hazard identification and risk assessment, Critical Control Points (CCPs) and Operational Prerequisite Programs (OPRPs) were established in accordance with Codex Alimentarius recommendations.

The study confirmed that pasteurization and storage conditions represent the most critical stages in ensuring product safety, while prerequisite programs and operational controls create the necessary environment for maintaining hygienic production conditions and preventing secondary contamination. The developed HACCP plan provides a systematic approach to monitoring, corrective actions, verification procedures, and documentation management.

Evaluation of the effectiveness of HACCP integration demonstrated its positive impact on product quality indicators, microbiological safety, process stability, production traceability, and economic performance. The implementation of continuous monitoring and control mechanisms contributes to reducing production losses, minimizing nonconformities, improving resource utilization, and enhancing consumer confidence.

The research also identified further development of thermostable sauce technology, including the application of risk-based process design, implementation of innovative functional ingredients, digitalization of production systems, and integration of Industry 4.0 technologies. Particular attention should be devoted to sustainable production principles, resource efficiency, environmental responsibility, and continuous personnel training as essential components of an effective food safety culture.

Therefore, the integration of the HACCP system into thermostable sauce production should be considered not only as a requirement for food safety compliance but also as a strategic direction for technological modernization, sustainable development, and long-term competitiveness of food industry enterprises.

SUMMARY

This study focuses on the integration of the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) food safety management system into the technology of thermostable sauce production. The implementation of HACCP is considered an effective preventive approach for identifying, assessing, and controlling biological, chemical, and physical hazards throughout the production process.

Particular attention was given to thermostable sauces due to their complex formulation and sensitivity to technological conditions. Hazard analysis was conducted considering raw materials, processing operations, packaging, and storage conditions. Based on the Codex Alimentarius approach, Critical Control Points (CCPs) and Operational Prerequisite Programs (OPRPs) were established. Pasteurization and storage were identified as the main CCPs ensuring microbiological safety and product stability.

A HACCP plan was developed including critical limits, monitoring procedures, corrective actions, validation, and verification measures. The study confirmed that HACCP implementation improves product safety, process control, traceability, and production efficiency while reducing technological losses.

The results indicate that further improvement of thermostable sauce technology should be associated with digitalization, Industry 4.0 solutions, innovative functional ingredients, and sustainable production principles. Thus, HACCP integration represents not only compliance with food safety requirements but also a strategic approach to increasing competitiveness and ensuring sustainable development of food enterprises.

Bibliography

1. Silva E., Associados P., et al. Food Safety Management Systems. Luxembourg : European Commission, Erasmus+ Programme, 2019. 302 p.
2. Radu E., Dima A., Dobrota E. M., Badea A.-M., Madsen D. Ø., Dobrin C., Stanciu S. Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (8). Article e18232. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18232>.
3. Baikadamova A., Yevlampiyeva Y., Orynbekov D., Idyryshev B., Igenbayev A., Amirkhanov S., Shayakhmetova M. The effectiveness of implementing the HACCP system to ensure the quality of food products in regions with ecological problems // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8. Article 1441479. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1441479.
4. Awuchi C. G. HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems. *Cogent Food & Agriculture*. 2023. Vol. 9. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2176280>.

5. Zarid M. et al. The Green HACCP Approach: Advancing Food Safety and Sustainability Integration. *Sustainability*. 2025. Vol. 17 (17). Article 7834. <https://doi.org/10.3390/su17177834>.
6. Peres F. A. P., Bondarczuk B. A., Gomes L. C., Jardim L. C., Corrêa R. G. F., Baierle I. C. Advances in food quality management driven by Industry 4.0: A systematic review-based framework. *Foods*. 2025. Vol. 14. Art. 2429. <https://doi.org/10.3390/foods14142429>.
7. Thume M., Lange J., Unkel M., Prange A., Schürmeyer M. Blockchain-based traceability in food supply chains: Requirements and challenges. *Int. J. Sustain. Agric. Manag. Inform.* 2022. Vol. 8. P. 243–258. DOI: 10.1504/IJSAMI.2022.125758.
8. Dadhaneeya H., Nema P., Arora V. Internet of Things in food processing and its potential in Industry 4.0 era: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2023. Vol. 139. Art. 104109. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>.
9. Alimadani R., Adedeji A. A., Narimani M. A review of IoT applications in food processing and related fields. *J. Food Process. Preserv.* 2025. Art. 3064441. <https://doi.org/10.1155/jfpp/3064441>.
10. Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 (Rev. 2020). Rome: FAO/WHO, 2020. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6866dc55-d2c0-48dd-a528-a4d634f1b0b4/content>.
11. ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. URL: <https://www.iso.org/standard/65464.html>.
12. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 2004. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/852/oj>.
13. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України № 771/97-ВР від 23.12.1997 (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>.
14. Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах HACCP : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 590 від 01.10.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12#Text>.

Information about the authors:

Ianushkevych Oleksandr Ivanovych,

Assistant at the Department of Meat Technology

State Biotechnological University

44 Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

Hrynchenko Natalia Hennadiivna,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Head of the Department of Meat Technology

State Biotechnological University

44 Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

Serik Maksym Leonidovych,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Food Technologies

in the Restaurant Industry

State Biotechnological University

44 Alchevskikh Street, Kharkiv, Ukraine

05

SECTION



SENSORY AND CONSUMER RESEARCH

SENSORY ANALYSIS AND PROFILING OF ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF FUNCTIONAL SAUCES WITH DIETARY SUPPLEMENTS

Antonenko A. V., Ratushenko A. T., Gorkun A. O.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-18>

INTRODUCTION

The modern paradigm of food industry development is based on the transition from the concept of mass consumption to the model of preventive and health-improving nutrition. In the conditions of the growth of nutritionally dependent diseases and the deficiency of essential micronutrients in the diet of the population, the creation of functional products capable of correcting metabolic processes is of particular importance. Sauces, due to their complex multicomponent structure and high frequency of consumption, act as an optimal technological matrix for the introduction of dietary supplements. This allows not only to expand the assortment line, but also to transform the traditional flavor additive into a means of delivering biologically active substances, which makes the development of such products an extremely relevant task for modern science.

The relevance of the study is enhanced by the difficulty of maintaining stable organoleptic indicators when changing the recipe composition. The introduction of dietary supplements is often accompanied by the appearance of foreign flavors, changes in viscosity and disruption of the colloidal stability of the system. Thus, there is a scientific need to develop tools that would allow objectifying sensory perception and ensuring the predicted quality of the finished product¹.

The use of profiling methods becomes a key link in the chain “technology – ingredient – consumer”, allowing to level the negative impact of functional ingredients on the flavor bouquet of the sauce.

The object of this study is the process of forming the organoleptic properties of sauces of various physicochemical nature (emulsion, sweet, spicy) provided

¹ Loutfi A., Coradeschi S., Mani G. K. Electronic noses for consumer quality control : a review. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 144. P. 103–111.

that dietary supplements of plant and mineral origin are integrated into their composition. Within the framework of this object, complex interactions between the components of the base and biologically active substances that determine the final quality of the product are considered.

The subject of the study is the regularities of changes in the sensory profile, descriptive characteristics of taste, aroma and texture, as well as methodological approaches to profiling the organoleptic properties of sauces with dietary supplements. The main attention is focused on identifying critical points of transformation of organoleptic perception and mathematical modeling of consumer preferences depending on the concentration and nature of functional ingredients.

The aim of the work is to scientifically substantiate and develop a comprehensive methodology for sensory analysis and profiling, which ensures the creation of harmonious sauces with dietary supplements with guaranteed quality indicators². To achieve this goal, the following tasks are envisaged: from the development of specific terminological glossaries for tasters to the establishment of correlations between instrumental quality indicators and subjective expert assessment, which will ultimately allow optimizing the recipes of functional sauces for mass and special nutrition.

Modern research in the field of sauce production technologies is focused on three main vectors: functionalization of the composition, digitalization of control and objectification of sensory analysis.

Ukrainian scientists are actively working on expanding the range of sauces with increased biological value. In the works of N. Bozhko³ and V. Pasichny, the problem of balancing sauce recipes based on meat and vegetable raw materials is solved, where special attention is paid to the stabilization of emulsion systems when functional ingredients are introduced. O. Savchenko⁴ and O. Syrokhman⁵ are investigating the use of non-traditional plant raw materials (berry meals, extracts) to provide sauces with antioxidant properties, analyzing the impact of these additives on the change in shelf life and organoleptic appeal. The problem of using prebiotics, such as inulin, as fat mimics in mayonnaises, is discussed in detail in the

² Аудит і контроль якості харчових продуктів у країнах ЄС та світу / Г. Толок, Т. Бровенко, О. Бірюкова, А. Ратушенко, А. Горкун, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024. No. 4. P. 18–22.

³ Божко Н. В., Пасічний В. М., Тищенко В. І. Використання рослинних екстрактів у технології емульсійних соусів функціонального призначення. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series : Food Technologies*. 2019. Vol. 21. No. 91. P. 108–113.

⁴ Савченко О. А. Дослідження антиоксидантних властивостей соусів на основі рослинної сировини. *Харчова наука і технологія*. 2018. Т. 12. № 1. С. 45–52.

⁵ Сирохман І. В., Лозова Т. М. Наукові основи формування якості та безпечності нових видів соусів. *Товари і ринки*. 2017. № 2. С. 115–124

works of S. Lehman-Konopka, which allows reducing the calorie content of the product without losing its textural characteristics.

The foreign scientific community focuses on profiling methodology and instrumental analysis. H. Stone and J. Sidel in their fundamental works improved the quantitative descriptive analysis (QDA) method, which became the gold standard for constructing sensory maps⁶. The issue of the interaction of ingredients in complex matrices and their impact on “mouthfeel” is investigated by J. Delarue, who proposes rapid profiling methods for R&D departments. A significant contribution to digitalization was made by F. Ciurczak and A. Loutfi, whose research is devoted to the use of an “electronic nose” to identify the authenticity of food products and detect hidden flavor defects. The problem of masking undesirable taste notes of dietary supplements (bitterness, metallic taste) is central in the works of E. Chambers IV, who justifies the use of a sensory lexicon for the accurate description of functional products⁷.

1. Scientific foundations and current state of sensory analysis of food products. Methodology for forming and training an expert commission

In today’s globalized food market, the competitiveness of functional sauces is determined not only by their chemical composition or physiological effects on the body, but primarily by consumer perception. Functional products (enriched with vitamins, minerals, prebiotics or plant extracts) face a serious challenge: the consumer expects from them not only benefits, but also a familiar or even improved taste profile. Organoleptic evaluation in this context acts as the main bridge between the scientific value of the recipe and its market implementation. The role of organoleptic analysis in ensuring competitiveness is realized through several strategic aspects:

- Overcoming the “barrier of specific taste” (many dietary supplements (DS) have a pronounced aftertaste (bitterness, astringency, metallic tint). Sensory analysis allows you to accurately localize these deviations and develop methods for their masking, which is critical for repeated sales of the product).
- Brand differentiation (in the sauces segment, where competition is extremely high, a unique sensory profile (for example, a special creaminess or a refined aroma of a rare spice) becomes a key advantage that cannot be easily copied by competitors).
- Guarantee of stability (competitiveness is impossible without product identity from batch to batch. Modern profiling methods allow measuring

⁶ Stone H., Sidel J. L., Bloomquist K. J. Strategic applications for sensory evaluation in a global food market. *Food Quality and Preference*. 2020. Vol. 80. Art. 103812.

⁷ Chambers E., Castro M. What is “Natural” in Food? A Sensory and Consumer Science Perspective. *Current Opinion in Food Science*. 2018. Vol. 21. P. 130–137.

organoleptic indicators with the same precision as fat content or acidity, ensuring the result expected by the consumer).

From a scientific point of view, the organoleptic evaluation of functional sauces has transformed from subjective testing into a multidisciplinary field that combines the physiology of perception, consumer psychology and mathematical statistics. For value-added products (Health-promoting foods), sensory analysis becomes a tool for “designing pleasure”: if the consumer does not receive a positive sensory experience, he is inclined to abandon the product even if its benefits are high⁸. Thus, investing in deep sensory profiling at the development stage is a guarantee that an innovative sauce will not remain a niche experiment, but will become a full-fledged market leader.

The mathematical expression of the competitiveness of a functional product today includes a “harmony coefficient”, where the high biological activity of the ingredients must be balanced by impeccable organoleptic characteristics⁹. It is this synergistic approach that allows us to create sauces that meet the concept of “Food as Medicine” without compromising gastronomic pleasure.

The theoretical basis of sensory analysis in the 21st century has transformed from a simple subjective assessment into a complex interdisciplinary science, where the combination of classical physiology and digital data processing methods plays a key role. The current state of the industry is characterized by the transition from quality assessment to its precision modeling, which is especially important when creating functional products. The scientific approach involves a deep understanding of how the chemical structure of dietary supplements interacts with the human receptor apparatus at the molecular level¹⁰.

In the context of developing innovative sauces, sensory analysis is the foundation for ensuring their market viability. Since functional ingredients often bring with them undesirable organoleptic properties, scientifically based profiling allows resolving the conflict between benefit and taste. The use of standardized methods and trained expert panels provides objectivity, which was previously inherent only to physicochemical research methods. The development of the instrumental base, in particular the “electronic nose” and “electronic tongue” systems, has become a logical continuation of the evolution of sensory science. These technologies do not replace humans, but complement

⁸ Аудит і метрологічні засоби оцінення якості харчової продукції на виробництві / А. Ратушенко, М. Криворучко, С. Неїленко, О. Любенко, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2025. No. 1. P. 456–460.

⁹ Акредитація і перспективи впровадження системи HACCP у виробництві харчової продукції / Л. Баль-Прилипка, Г. Толок, Т. Бровенко, М. Криворучко, А. Горкун, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024. No. 1. P. 111–116.

¹⁰ Безпечність соусної продукції оздоровчого призначення / Л. Баль-Прилипка, А. Антоненко. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. No. 355 (4). P. 759–763.

their capabilities, allowing them to capture digital fingerprints of aromas and tastes with high accuracy and reproducibility. This creates the prerequisites for automating quality control in large enterprises, where the subjective human factor must be minimized to ensure the stability of each batch of product. Today, sensory analysis is also actively integrated with consumer psychology, which allows us to study not only what a person feels, but also how these sensations affect his choice. Building complex mathematical models of preferences allows technologists to work with the “sensory space” of the product, finding optimal points of harmony. Such an integrated approach turns organoleptics into a powerful engineering tool that can predict the success of functional sauces even at the stage of a laboratory prototype¹¹.

The integration of dietary supplements into sauce systems poses a challenge for the technologist, as each type of nutrient introduces specific changes to the physicochemical matrix of the product. Plant extracts, valued for their high content of antioxidants and polyphenols, are often the cause of astringency and characteristic bitterness. These compounds can react with salivary proteins, causing a feeling of dryness in the mouth, and their intense pigmentation can radically change the color range of the sauce, shifting it towards dark brown or olive shades. To maintain an attractive profile, such extracts require the use of encapsulation technologies or the introduction of specific masking agents. The introduction of prebiotics, such as inulin, oligosaccharides or resistant starches, has a significant impact primarily on the textural characteristics of sauces. Due to their ability to bind water and form gel-like structures, prebiotics are often used as fat mimics in low-calorie formulations¹². This allows the desired creaminess and “body” of the product to be achieved without increasing the lipid content. However, excessive concentration of these fibers can lead to excessive viscosity or a “rubbery” feel, requiring careful formulation balancing to maintain the fluidity of the sauce¹³.

Mineral complexes, which are used to enrich functional sauces, have the most pronounced effect on the taste receptor apparatus. Iron, magnesium or calcium salts often provoke the appearance of a persistent metallic aftertaste, which consumers perceive as a negative quality marker. In addition to the direct taste effect, minerals can act as catalysts of oxidative processes in mayonnaise

¹¹ Удосконалення технології соусу майонезу з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипко. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2025. № 2 (16). С. 5–9.

¹² Якість та безпечність майонезу на основі купажованої олії, порошка з баклажанів та гуміарабіки / А. В. Антоненко, Л. В. Баль-Прилипко. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2025. Вип. 15, т. 1. С. 259–266.

¹³ Lehman-Konopka S., Krawczyk M. Effect of inulin as a fat replacer on the rheological and sensory properties of mayonnaise. *Journal of Texture Studies*. 2021. Vol. 52. No. 3. P. 312–322.

sauces, which leads to the rapid appearance of the smell of rancid oil¹⁴. The use of chelated forms of minerals or their introduction as part of stable complexes allows to minimize this effect, ensuring the stability of the sensory profile throughout the entire shelf life. The complex interaction of these additives within a single formulation can create unexpected synergistic effects¹⁵. For example, the combination of prebiotic fibers with some plant extracts can mitigate the sensation of bitterness by partially binding bitter compounds in the polysaccharide network. Understanding these mechanisms allows designing sauces with dietary supplements not just as a mixture of ingredients, but as a harmonious system, where functional value does not interfere with high organoleptic indicators.

Regulatory support for sensory analysis is based on strict standardization of research conditions, which allows converting the subjective feelings of experts into objective digital data¹⁶. The International Organization for Standardization (ISO) has developed an extensive system of protocols that regulate every aspect of analysis: from laboratory planning to methods for statistical processing of results. The main basic standard is ISO 6658, which establishes general guidelines and methodology, defining the principles of taster selection, sample requirements and rules for choosing specific testing methods depending on the purpose of the study.

The National Standardization System of Ukraine (DSTU) is largely harmonized with international requirements, which ensures the comparability of the results of domestic developments with foreign analogues. An important role is played by DSTU ISO 8586, which describes in detail the process of selecting, training and monitoring the work of selected tasters and sensory experts. According to this standard, the training of specialists for profiling sauces with dietary supplements should include testing the ability to recognize specific taste deviations, such as metallic aftertaste or astringency, which is critical to ensuring the accuracy of the results¹⁷. A separate group of standards is made up of documents regulating the design of tasting rooms, in particular ISO 8589. These standards establish requirements for lighting, ventilation, wall

¹⁴ Розробка технології функціональних майонезних соусів / Л. В. Баль-Прилипко, А. В. Антоненко. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. No. 357 (5.1). P. 423–428.

¹⁵ Дослідження реологічних характеристик дієтичних добавок в харчових системах соусів / Л. В. Баль-Прилипко, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Вип. 2. С. 277–289.

¹⁶ Delarue J., Lawlor J. B. Sensory characterization of food products: standard and rapid methods. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2023. P. 321–345.

¹⁷ Using oat milk to reduce the caloric value of a functional mayonnaise sauce / I. Dudarev, O. Kuzmin, N. Stukalska, T. Brovenko, N. Kovalenko, T. Lebedenko, A. Antonenko. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2024. Vol. 23, No. 1. P. 29–38.

color and workplace configuration to minimize the impact of external factors on the psychophysiological state of the expert. For production laboratories of food enterprises, compliance with these standards is a prerequisite for obtaining reliable product profiles, since even a slight deviation in light intensity can change the perception of the color of an innovative sauce¹⁸. Methodological standards, such as ISO 13299, focus on general guidelines for the preparation of a product sensory profile. They describe the quantitative descriptive analysis (QDA) procedures that we use to study in detail the effect of plant extracts on the aroma and taste of sauces. Using such a regulatory framework allows the developer to create products that not only meet safety requirements, but also have clearly documented organoleptic characteristics, which is necessary for certification and entry into international markets. The formation of an expert commission is a critical stage, since the accuracy of profiling sauces with dietary supplements directly depends on the biological and intellectual “analyzer” – a person. The selection process is based on comprehensive testing of sensory sensitivity, which allows weeding out candidates with high perception thresholds. The primary task is to check the ability to recognize basic tastes (sweet, salty, sour, bitter, umami) at extremely low concentrations¹⁹. Special attention is paid to sensitivity to bitterness and astringency, as these sensations are most often provoked by plant extracts and mineral complexes in innovative formulations²⁰.

In addition to basic sensitivity, an important criterion is the candidate's ability to have sensory memory and differentiate stimuli of similar intensity. In the context of sauces, this means the ability to distinguish shades of viscosity or subtle aromatic notes against the background of a complex flavor matrix. For this, triangular testing or duo-trio tests are used, where the candidate must identify a sample that differs from the standard. High reproducibility of results in several repetitions indicates the stability of the sensory apparatus, which is a necessary condition for inclusion in the permanent expert panel. The cognitive abilities of tasters play an equally important role than the acuity of receptors. The profiling process requires the expert to have a high level of concentration, the ability to verbalize abstract sensations, and the possession of specific terminology. Candidates must demonstrate logical thinking to objectively rank characteristics by intensity, avoiding subjective preferences of “likes – dislikes”.

¹⁸ Ciurezak F. B., Igne B. *Pharmaceutical and Medical Applications of Near-Infrared Spectroscopy*. CRC Press. 2014. [Focus on flavor analysis in complex systems].

¹⁹ Технологія яєчно-масляного соусу з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипко. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. No. 3 (17). P. 5–10.

²⁰ Моделювання композиційної суміші дієтичних добавок для соусів / Л. В. Баль-Прилипко, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Вип. 3. С. 249–261.

The psychological aspect is also important: resistance to sensory fatigue and the ability to maintain objectivity during long tasting sessions.

The final stage of the selection is a test of the ability to work in a team and reach consensus. Although each expert works individually, the final product profile is formed on the basis of an agreed vocabulary of descriptors. Therefore, candidates who demonstrate flexibility in learning and the ability to clearly describe their own sensations in a language understandable to colleagues have priority. Such a multi-factorial approach to forming the commission ensures that the sensory maps obtained in the course of further research will have a high degree of reliability and scientific value.

The process of preparing the expert panel after completing the selection stage enters a phase of intensive training, the purpose of which is to transform the individual sensitivity of the tasters into an accurate and agreed analytical tool. In the initial stages, experts are introduced to the full range of possible characteristics of sauce products, including both positive quality attributes and specific defects that may arise when dietary additives are introduced. The training is based on the use of reference samples – solutions or model food systems with a clearly defined intensity of a certain indicator, which allows tasters to “tune” their perception to a single evaluation scale. A key element of the training is the development and assimilation of a common vocabulary of descriptors. Experts must learn not only to identify the taste, but also to clearly distinguish its nuances: for example, to differentiate the “herbal” aroma of a plant extract from “pharmacy” or “coniferous”. For sauces, special attention is paid to training in the assessment of textural parameters, such as adhesion (stickiness to the palate), oiliness and particle size. The use of standardized scales allows each panel member to correlate their feelings with specific scores, which ensures high accuracy of quantitative descriptive analysis.

Panel calibration is performed to achieve consensus and minimize discrepancies between the assessments of different experts. During calibration sessions, all tasters evaluate the same sample of sauce, after which the results are discussed in the group under the guidance of the panel leader. If the assessments of individual panel members deviate significantly from the mean, re-testing with standards is carried out to find out the reason for the discrepancies – whether it is a perception error or a misunderstanding of the descriptor. This iterative process continues until the panel begins to work as a single measuring instrument with a low level of error.

The final stage of calibration is a statistical verification of the reliability of the panel. Using methods of variance analysis, the ability of the group to consistently reproduce the results during repeated tastings of the same product is assessed. Only after confirmation of high reproducibility and discrimination

ability (the ability to distinguish samples close in composition) is the panel considered ready to work with innovative recipes. Calibration is not a one-time action: it is carried out periodically throughout the entire research period to maintain expert form and prevent “sensory drift” of assessments.

The creation of a unified terminology is the foundation of objective profiling, as it converts the subjective feelings of tasters into standardized data suitable for mathematical processing. For specific sauces with dietary supplements, the development of descriptors begins with the generation of the widest possible list of terms describing the appearance, aroma, taste and texture of the product. At this stage, experts use the “free description” method, recording all associations that arise when familiarizing themselves with prototypes containing plant extracts, prebiotics or mineral complexes. The next step is semantic grouping and reduction of terms to eliminate synonyms and overly subjective characteristics. For example, the terms “freshly cut grass”, “leafy” and “green” can be combined into one descriptor – “herbal aroma”, if they describe the same feature inherent in a certain plant extract. An important condition is that each descriptor must be discriminatory, that is, allow one sauce sample to be clearly distinguished from another by the intensity of this feature. For each selected descriptor, a clear definition is developed and an appropriate physical standard (referent) is selected. If the descriptor describes a “metallic taste” caused by a mineral complex, a solution of ferrous sulfate of a certain concentration can serve as a standard. This allows experts not only to name the characteristic, but also to accurately assess its intensity on a unified scale. Particular attention is paid to textural descriptors such as “flouriness” or “adhesiveness”, as they directly indicate the solubility of additives and the stability of the emulsion structure.

The process is completed by the formation of a final tasting sheet, which contains a hierarchically ordered list of descriptors. It highlights the basic characteristics inherent in this type of sauce and specific markers due to the introduction of functional ingredients. Such a terminological apparatus allows you to build detailed sensory profiles (petal diagrams), which clearly demonstrate the architecture of the product’s taste and help the technologist see which components need adjustment to achieve ideal harmony. Mathematical and statistical analysis is an objective filter that allows you to confirm that the profiling results are the result of real differences between sauce samples, and not a measurement error or the subjectivity of individuals. The reliability of the work of the expert commission is assessed through three main parameters: discriminative ability, reproducibility and consistency. For this, multivariate analysis of variance (ANOVA) is most often used, where the factors are considered to be “sample”, “expert” and “repeatability”. If the “sample”

factor has a high degree of statistical significance, this indicates that the panel successfully identifies the difference between formulations with different content of dietary supplements.

The reproducibility of the results is checked by analyzing the results of repeated tastings of the same samples by the same expert. Mathematically, this is expressed through the coefficient of variation or the absence of a significant interaction between the “sample” and “repeatability” factors. If an expert consistently displays close intensity scores for descriptors in repeated tests, his results are considered reliable. If a high error is detected within one expert, the data of such an individual can be excluded from the general array or sent for additional calibration. The consistency of the work of the entire group is checked by analyzing the interaction of the “expert” and “sample” factors. The absence of such interaction means that all members of the commission understand the descriptors in the same way and use the intensity scale in the same direction. Additionally, to assess the level of agreement between tasters, the Kendall concordance coefficient is calculated. A high value of this indicator confirms that the formed sensory profile of the sauce is the result of a collective consensus, and not a random set of subjective opinions.

The principal component analysis (PCA) method is used to visualize the reliability and identify hidden patterns in the panel’s work. Building loading graphs allows you to see how compactly the expert assessments are grouped around specific product characteristics. Identifying outsider experts whose assessment vectors significantly deviate from the general group allows you to adjust the composition of the commission in a timely manner. Such strict mathematical control ensures that the developed models and recommendations for the food industry are based on a foundation of reliable and verified data.

2. Research objects and methods. Development and profiling of organoleptic properties of functional sauces

The foundation of the study is the selection of the main raw material that forms the sauce matrix and determines its basic rheological and organoleptic indicators. To create emulsion systems (mayonnaise, dressings), refined deodorized sunflower oil is used, which is characterized by a neutral taste and aroma, providing a “clean” background for detecting shades of dietary supplements. Egg products, modified starches or gums of natural origin are used as structure-forming agents and emulsifiers, which must meet strict requirements for purity and functional and technological properties. For vegetable-based sauces, the basic component is tomato paste or fruit and berry purees, which in themselves have a pronounced acidity and color intensity, which requires a special approach when combined with functional components. The specificity

of the selected dietary supplements (DD) is due to their biological value and technological impact on the system. Plant extracts (e.g. grape seeds, green tea or echinacea) are characterized by a high content of phenolic compounds, which gives them antioxidant properties, but at the same time brings specific tart notes to the product. Prebiotic additives, in particular highly purified inulin, are selected taking into account their ability to gel, which allows them to partially replace the fat phase without losing the creamy consistency. Mineral complexes (calcium, magnesium, zinc compounds) are used in forms with maximum bioavailability, such as citrates or lactates, which, unlike inorganic salts, have a less aggressive effect on taste receptors and better solubility. Each selected item of raw materials and additives undergoes careful identification for compliance with current regulatory documents (DSTU, TU) and quality certificates. Special attention is paid to the purity of ingredients, since the presence of micro-impurities can distort the results of sensory profiling and lead to false conclusions about the interaction of components. Thus, the formed ingredient base is scientifically sound and allows modeling sauce systems with predefined functional properties and predicted sensory response, which is necessary to achieve the goal of our work.

To conduct an objective sensory analysis and establish the patterns of influence of dietary supplements, it is necessary to use model systems that represent the main physicochemical classes of modern sauces. The choice of emulsion systems as the object of research is due to their high popularity among consumers and the complexity of the internal structure. Modeling mayonnaise sauces and dressings allows you to study the behavior of dietary supplements in two-phase “oil-water” systems, where the distribution of the functional ingredient between the phases is critically important. The emulsion matrix is an ideal background for testing fat-soluble supplements and fat-imitating prebiotics, as it allows you to record the slightest changes in textural descriptors, such as oiliness, density and smoothness of the tongue coating. Tomato model systems are chosen because of their specific chemical aggressiveness and pronounced own organoleptic properties. The high content of organic acids and sugars in the tomato base creates a difficult environment for the introduction of dietary supplements, especially mineral complexes, which can react with the components of the raw material, changing the color and taste balance. The use of tomato models allows us to study the phenomena of synergism and antagonism between natural tomato antioxidants (lycopene) and added extracts. In such systems, the priority is to study the transformation of the basic “umami” taste and assess the ability of the tomato matrix to mask unwanted aftertastes of functional ingredients.

Fruit and berry sauces represent a group of dessert and savory sauces with a high content of pectin substances and a complex carbohydrate profile. The justification for this model system is related to the trend of using sauces as substitutes for high-calorie desserts or additions to meat dishes in a healthy diet. The high viscosity and natural tartness of fruit bases allow for the modeling of sauces with plant extracts, where it is necessary to achieve harmony between fruit notes and herbal or bitter shades of additives. Working with three fundamentally different model systems in nature ensures the versatility of scientific conclusions and allows for the development of recommendations suitable for a wide range of food industries. To objectify the results of sensory analysis and translate subjective sensations into the plane of measured values, the monograph substantiates a set of instrumental methods that have a direct correlation with organoleptic indicators. The leading place in this complex is occupied by fundamental rheology and rotational viscometry, which allow quantitatively assessing the shear stress, viscosity and thixotropic properties of sauce systems. These data directly correlate with such sensory descriptors as “thickness”, “creaminess” and “ease of distribution in the oral cavity”. The use of texturometry makes it possible to measure adhesive forces and consistency, which is critically important for emulsion sauces with dietary supplements, where it is important to preserve the traditional texture when changing the recipe composition.

The evaluation of the color characteristics of sauces is carried out by spectrophotometry or using colorimeters in the CIELAB system. This instrumental approach allows for highly accurate recording of changes in color intensity, purity of tone and brightness, which correlate with the visual perception of the product by the consumer. For sauces with plant extracts and mineral complexes prone to oxidation, spectrophotometric control is indispensable for monitoring color stability during storage, which allows preventing the appearance of undesirable gray or brown shades that negatively affect the organoleptic assessment.

For the analysis of the taste and aroma profile, gas and liquid chromatography methods are used, which allow identifying volatile compounds responsible for the aroma and the content of soluble solids, acids and sugars that form the basic taste. An important component is the measurement of active acidity (pH) and titrated acidity, which correlate with the sensation of pungency and freshness of the sauce. The combination of these instrumental data with the results of the expert commission allows us to build mathematical models of the “composition – property – perception” relationship, which is a scientific basis for predicting the quality of functional sauces even at the recipe development stage.

The development of a sensory profile using the quantitative descriptive analysis (QDA) method for basic sauce recipes is the stage of forming a reference model with which all subsequent modifications with dietary supplements will be compared²¹. The process begins with detailed descriptive generation, where a trained expert panel determines the full range of quality attributes of the sauce: from surface gloss and aroma intensity to specific nuances of the aftertaste. Unlike traditional scoring, the QDA method does not operate in terms of “better” or “worse”, but focuses on objectively measuring the intensity of each descriptor on unstructured or linear scales. This allows you to obtain a multidimensional “digital fingerprint” of the base product, reflecting the balance between flavor components and textural characteristics. An important aspect of creating a profile of basic recipes is ensuring their reproducibility, which is achieved through multiple tastings in isolated booths under strictly controlled conditions (serving temperature, lighting, taste neutralizers). For each group of sauces – emulsion, tomato or fruit and berry – an individual profile map is formed²². For example, for a basic mayonnaise sauce, the priority descriptors are “creaminess”, “tenderness”, “vinegar aroma” and “buttery”, while for a tomato sauce, “sweetness”, “acidity”, “spiciness” and “graininess”. The obtained average intensity values for each indicator serve as initial coordinates in the multidimensional feature space.

The results of quantitative descriptive analysis are visualized in the form of profile diagrams (petal diagrams), where each axis corresponds to a certain descriptor. Such a graphic interpretation allows us to clearly see the architecture of the taste and aroma of the basic model, to identify dominant notes and hidden shades. The formed sensory profile of the basic recipes becomes the foundation for further experimentation, since any deviation from this “ideal form” after the introduction of dietary supplements will allow us to quantitatively assess the degree of quality transformation and determine the vectors of the necessary technological correction.

The study of the influence of concentration and method of introduction of dietary supplements is a key stage in understanding the mechanisms of transformation of the flavor bouquet of sauces. With a gradual increase in the dosage of functional ingredients, a nonlinear change in the intensity of descriptors is observed: after reaching a certain concentration threshold, the beneficial properties of the supplement can be leveled by the appearance of

²¹ Дослідження амінокислотного та жирнокислотного складу соусів функціонального призначення / Л. В. Баль-Прилипка, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Т. 2, вип. 5. С. 3–12.

²² Підвищення харчової цінності соусу «томатний» з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипка. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. No. 4 (18). P. 7–12.

undesirable organoleptic characteristics. For example, excessive introduction of mineral complexes or certain vitamins provokes the appearance of extraneous chemical notes that enter into dissonance with the basic taste of the sauce. This requires the establishment of optimal enrichment intervals, where the functional orientation of the product is harmoniously combined with high consumer acceptability, without destroying the integrity of the taste image.

No less important role in the formation of the sensory profile is played by the method of introducing dietary supplements into the sauce matrix. The introduction of components at different stages of the technological cycle – during the preparation of the aqueous phase, immediately before emulsification or at the stage of maturation of the finished product – radically changes the rate of release of flavor substances and their interaction with receptors. Preliminary dissolution of additives in the hydrophilic or lipophilic phase allows you to control the intensity of the initial taste perception, while the use of encapsulation technologies provides a prolonged effect or masking of specific flavors. Thus, changing the method of introduction acts as a tool for “taste management”, allowing you to adapt the technology to the specifics of a particular dietary supplement.

The transformation of the flavor bouquet under the influence of additives is often accompanied by the phenomena of synergism or antagonism. Some dietary ingredients can enhance the perception of natural components of the sauce, for example, emphasize pungency or sourness, while others can act as suppressors, suppressing desired aromatic notes. Analysis of these processes allows us to identify critical points of change in the sensory profile and develop strategies for stabilizing the taste. Taking into account the concentration factor and the method of integrating additives provides the possibility of creating products with a given organoleptic result, where the functional composition does not worsen, but on the contrary, enriches and complicates the taste palette of the sauce. Analysis of the textural characteristics of sauces with dietary additives requires an integrated approach, since the physical parameters of the system do not always linearly reflect human perception. This subsection considers the correlation between objective indicators obtained using rotational viscometers and texturometers and subjective “mouthfeel” sensations that arise during tasting. The key factor here is the dynamics of the destruction of the sauce structure in the oral cavity under the influence of body temperature and mechanical shear by the tongue, where the instrumentally measured shear stress directly correlates with the sensory descriptor “resistance to swallowing”, and the elastic modulus with the feeling of “thickness” and “solidity” of the product.

Particular attention is paid to the influence of dietary supplements on the subtle nuances of texture, which are difficult to record with standard devices,

but which are clearly recognized by experts. For example, the introduction of insoluble dietary fiber or mineral salts may not significantly change the overall viscosity, but provoke the appearance of the descriptors “sandiness”, “flouriness” or “metallic plaque on the teeth”. Establishing a mathematical correlation between the particle size of additives and the threshold of their sensory sensation allows us to determine the critical degree of dispersion of ingredients necessary to maintain the premium smoothness and creaminess of the sauce emulsion.

The process of evaluating “mouthfeel” also includes the analysis of adhesive properties, i.e. the ability of the sauce to envelop the palate and tongue. Instrumental measurement of the strength of separation (adhesion) on a texturometer correlates with the duration of the aftertaste and the intensity of aroma perception, since it is the textural film that holds the taste molecules near the receptors. The study of these correlations allows not only to predict the organoleptic response based on laboratory measurements, but also to purposefully adjust the rheological profile of the product. This ensures the creation of functional sauces that are not inferior in their kinesthetic characteristics to traditional analogues, providing the consumer with the usual level of comfort during consumption.

The use of the “flash profiling” method in the study of innovative sauces is due to the need for operational screening of a large number of recipe variations at the early stages of development. Unlike classical quantitative descriptive analysis, this method does not require long-term preliminary training of experts and unification of terminology. Each taster independently forms an individual set of descriptors for comparing the presented samples, which allows for the most complete coverage of the sensory diversity of innovative products. This approach is based on the ability of experts to detect differences between objects faster than describing their intensity on given scales, which makes “flash profiling” an indispensable tool in the conditions of a dynamic R&D process.

The methodology for implementing the method involves the simultaneous presentation of all studied samples of sauces with dietary supplements, which allows experts to conduct comparative ranking according to their own criteria. The main analytical value lies in obtaining relative characteristics of products: which samples are perceived as more spicy, thick or have a more pronounced taste of the supplement. This allows for quick classification of innovative samples by similarity groups and identification of “outliers” – recipes with anomalous organoleptic indicators. The use of this method significantly reduces the time spent on selecting the most promising combinations of dietary ingredients for further in-depth research.

The processing of the results of “flash profiling” is carried out using Generalized Procrustes Analysis, which allows integrating individual descriptor maps into a single group consensus space. As a result, a map of sensory similarity of samples is constructed, where the proximity of objects indicates the identity of their perception by experts. For the developer of functional sauces, this provides a quick answer to the question of whether the new concentration of the additive radically changes the overall image of the product compared to the base standard. Thus, the method acts as an effective filter, allowing you to focus resources on refining only those samples that have demonstrated the best balance of innovation and sensory acceptability.

3. Modeling consumer preferences and optimizing the recipe composition. Innovative approaches in quality control of functional sauces

The transition from expert profiling to the assessment of real market potential requires the involvement of the target audience, since the opinion of professional tasters does not always coincide with the immediate preferences of the average consumer. The study of consumer acceptability of sauces with dietary supplements is carried out using hedonic testing, which is based on the use of verbal or graphic scales (for example, a 9-point scale “from very like to very dislike”). Within the framework of this section, the consumer’s emotional response to the taste, color and consistency of the product is analyzed, which allows determining the level of tolerance of the audience to specific organoleptic characteristics inherent in functional ingredients. The methodology for conducting hedonic tests involves the involvement of a representative group of potential consumers who are not experts, but who regularly consume sauce products or are interested in healthy eating. Particular attention is paid to the factor of “informed choice”: how knowledge of the presence of a useful dietary supplement affects the subjective assessment of taste. Studies often demonstrate the psychological effect of the “health halo”, where consumers are willing to forgive a product for certain shortcomings in texture or flavor, knowing its functional value. However, the developer’s task is to achieve a high level of acceptability without such compromises, which requires careful analysis of low scores to identify critical formulation defects.

Statistical processing of the results of hedonic testing allows us to construct a distribution of preferences and identify consumer segments with different taste expectations. For example, one part of the audience may favor sauces with pronounced herbal notes of extracts, while another may perceive them as undesirable. The data obtained become the basis for calculating the overall acceptability index and determining the “market window” for an innovative

sauce. Thus, consumer testing acts as the final arbiter in the development process, confirming that the created product is not only scientifically sound and useful, but also attractive to the end buyer.

Preference Mapping is the highest stage of analytical data processing in sensory analysis, as it allows you to combine objective profile characteristics obtained from experts with subjective consumer assessments. In the context of sauces with dietary supplements, this method allows you to visualize a complex multidimensional space, where each point corresponds to a separate product sample, and vectors reflect the directions of growth of consumer preferences. Using external preference mapping allows the developer to clearly see which descriptors (for example, the intensity of a spicy aroma or the degree of viscosity) are driving factors of success, and which, on the contrary, repel the buyer. This turns a set of disparate assessments into a strategic map for product optimization.

An important tool for fine-tuning the recipe is the use of Just-About-Right (JAR) scales. This method allows consumers to assess the intensity of specific sauce characteristics (saltiness, acidity, additive concentration) relative to their own perception of the ideal. Analysis of the results using JAR scales in combination with Penalty Analysis allows us to quantitatively determine how significantly a deviation from the ideal point reduces the overall acceptability of the product. For example, if 40% of consumers consider the sauce to be “too tart” due to the high concentration of plant extract, and this reduces the average hedonic score by 2 points, the technologist receives a direct indication of the need to reduce the dosage or correct the flavor background.

Identifying the “ideal point” in the space of sensory characteristics allows you to create a product that best meets the expectations of the target market segment. In the process of modeling sauces with DD, this helps to find that precarious balance where the functional orientation of the ingredient is still felt as a value, but does not cross the line of organoleptic discomfort. The construction of benefit maps in combination with the analysis of JAR scales provides a scientifically sound transition from experimental research to industrial production of a sauce with guaranteed commercial success, minimizing the risks of rejection of an innovative product by the market.

Mathematical modeling of the influence of ingredients on the overall harmony of the sauce is a higher stage of development, which allows you to move from empirical selection of ingredients to predictive product design. The basis of this process is the construction of multifactorial models, where the independent variables are the concentrations of dietary additives, stabilizers and flavor components, and the dependent variable is the integral harmony index or overall sensory assessment. The use of Response Surface Methodology

(RSM) allows you to visualize complex interactions between components and identify areas of synergy where the combination of ingredients provides the best organoleptic effect at a given level of functionality.

The harmony of the product in a mathematical aspect is considered as a balance of the intensities of individual descriptors, which minimizes dissonance in perception. Optimization algorithms are used to model this state, which allow you to find such ratios of additives, at which specific flavors (for example, bitterness of the extract) are masked by natural components of the matrix. An important element of the model is the consideration of the weight coefficients of each sensory indicator, since the influence of textural characteristics on the overall impression of the sauce can be more significant than the influence of individual flavors. This allows the technologist to operate with numbers to achieve a holistic “bouquet” that the consumer perceives as harmonious and complete.

A special place in modeling is occupied by the analysis of the stability of the system: how the mathematical model changes when the quality of raw materials or technological process conditions vary. The use of iterative calculation methods allows the development of flexible recipe maps that adapt to fluctuations in the properties of ingredients without losing the sensory identity of the sauce. As a result, mathematical modeling becomes a quality assurance tool, transforming the development of sauces with dietary supplements from an art into a precise engineering discipline, where each change in composition has a clearly calculated consequence for the final harmony of the product. Predicting the stability of the sensory profile is a critical stage in the life cycle of sauces with dietary supplements, since functional ingredients often have high chemical activity and can initiate undesirable transformations during storage. This subsection considers the kinetics of changes in key descriptors of taste, aroma and texture under the influence of environmental factors and intrasystem interactions. For emulsion sauces, special attention is paid to the stability of the lipid phase, where dietary supplements, in particular mineral complexes, can act as oxidation catalysts, which leads to the appearance of the descriptors “rancidity” and “oxidation”, radically transforming the initial sensory profile.

For objective prediction of shelf life, accelerated aging methods (ASLT – Accelerated Shelf Life Testing) are used, which allow for a short period of time to simulate the processes occurring in the product over months. By storing samples at elevated temperatures and controlled humidity, points of degradation of sensory indicators are recorded: loss of aroma intensity of extracts, change in color coordinates or emulsion delamination. Mathematical extrapolation of these data allows us to establish a “sensory shelf life” – the moment when

the product still remains safe, but its organoleptic characteristics no longer correspond to the declared profile or consumer expectations.

An important component of stability is the preservation of textural descriptors, which directly depends on the state of hydrocolloids and prebiotics in the sauce structure. During storage, syneresis or starch retrogradation phenomena may be observed, which causes the appearance of a “watery” or “rubbery” consistency. Monitoring these changes allows developing effective stabilization strategies, such as correcting antioxidant protection or using synergistic mixtures of hydrocolloids. Scientifically based forecasting ensures that the consumer will receive a product with a constant level of quality and functional value throughout the entire shelf life, which is the foundation of brand trust and stability of market positions. The digitalization of quality control methods in the food industry opens up new opportunities for objectifying sensory analysis through the use of biomimetic systems, such as the “electronic nose” and the “electronic tongue”. These tool complexes are based on the use of arrays of non-selective chemical sensors that imitate the work of human olfactory and taste receptors. Within the framework of profiling sauces with dietary supplements, these technologies allow obtaining a “digital fingerprint” of the product, which records the total response to a complex mixture of volatile and soluble components. This ensures high accuracy of sample identification and allows detecting the slightest deviations from the reference profile, which may be imperceptible even to a trained expert.

The “electronic nose”, analyzing the gas phase above the surface of the sauce, is able to recognize specific aromatic markers caused by the introduction of plant extracts or vitamin complexes. It is especially effective for monitoring lipid oxidation processes in mayonnaise sauces at the early stages, when the first signs of rancidity are not yet detected by the human sense of smell. In turn, the “electronic tongue” specializes in the analysis of liquid media, allowing quantitative assessment of the level of bitterness, astringency and saltiness. For functional sauces, it is an indispensable tool in developing off-flavor masking technologies, as the device provides a stable, reproducible assessment, free from human factors, fatigue or subjective preferences.

Integration of “electronic nose” and “electronic tongue” data with intelligent data analysis methods allows building correlation models with the results of traditional sensory analysis (QDA). This creates the basis for the transition to automated profiling in real time directly on production lines. The use of such digital twins of sensory perception ensures the stability of the quality of innovative sauces on an industrial scale, guaranteeing that each batch of the product with dietary supplements meets the specified “gold standard” in taste and aroma. The use of these technologies does not replace a person, but

significantly expands the analytical capabilities of the research technologist, transforming organoleptics into an accurate digital metric.

The use of computer vision systems in sauce quality control is a logical continuation of the digitalization of sensory analysis, which allows replacing subjective visual assessment with precision hardware monitoring. Unlike the human eye, whose perception is affected by the level of lighting, fatigue and psychological factors, digital systems provide absolute reproducibility of results. In the context of sauces with dietary supplements, computer vision solves two critical tasks: identification of the smallest color deviations and analysis of the macrostructural uniformity of the product. Analysis of color characteristics using digital image processing allows pixel-by-pixel scanning of the sauce surface with subsequent conversion of data into colorimetric systems (CIE Lab). This is especially important for products with plant extracts, which can change their shade under the influence of light or residual oxygen in the package. The system is able to record the appearance of microscopic oxidation zones or undesirable pigment spots, which is an indicator of quality degradation at an early stage. In addition, digital color fixation allows you to standardize the appearance of the product in different batches, guaranteeing the consumer visual stability of the brand.

The assessment of the uniformity of the structure by computer vision is based on the analysis of texture patterns of the image. Processing algorithms allow you to detect:

- The degree of dispersion of ingredients (identification of undissolved particles of dietary supplements that can affect the feeling of “gritty”).
- The presence of microbubbles of air (analysis of the degree of aeration, which correlates with the lightness and viscosity of the emulsion).
- Syneresis and delamination (detection of the separation of the liquid phase on the surface or near the walls of the package, which is critical for sauces with a reduced fat content).

The use of neural networks to classify the resulting images allows you to automate the decision-making process in production. The system can be trained to recognize the “ideal structure” of a sauce and instantly signal deviations that require correction of technological parameters (homogenization speed or mixing temperature). Thus, computer vision turns visual inspection into a powerful tool for engineering analysis, ensuring impeccable presentation and structural integrity of innovative sauces.

The development and implementation of express organoleptic control cards is the final stage of transferring scientific developments to the real production sector. Such cards adapt complex profiling techniques (QDA, RSM) to operational control conditions, where time for decision-making is limited.

The main goal of the express card is to provide a laboratory assistant or shift supervisor with a clear, standardized tool for quick verification of the quality of each batch of sauce with dietary supplements, minimizing the influence of the subjective factor.

The structure of the express card is based on the selection of critical organoleptic markers that respond most quickly to violations of the technological regime or changes in the quality of raw materials. Instead of lengthy descriptors, specific visual and taste referents are used. The card includes:

- Visual standard (photographic standards of color and texture (glossiness, absence of particles), obtained using computer vision).
- Tolerance profile (a shortened petal diagram, which indicates the boundaries of the “quality corridor” for the main taste notes (acidity, sharpness, intensity of the aftertaste of DD)).
- Checklist of critical defects (a list of undesirable signs (bitterness, metallic aftertaste, grittiness), the presence of which requires immediate stopping of the line or sending the batch for further processing).

The express card methodology involves using a point assessment on a simplified scale (e.g., 3- or 5-point), where each score has a clear technical justification. For example, a score of “4” may indicate a slight deviation in viscosity that does not affect consumer acceptability, while a “2” indicates a color change due to oxidation of the extract. This allows for rapid monitoring without involving a full expert panel.

Digital integration of express cards into quality management systems (e.g., HACCP or ISO 22000) allows for automatic accumulation of production stability statistics. In the event of systematic deviations from the “ideal profile” recorded in the card, the system signals the need to revise the recipe or perform equipment maintenance. Thus, the developed express cards become a connecting link between scientific modeling and industrial reality, ensuring that each consumer receives a sauce with the characteristics that were laid down at the stage of creating an innovative product.

CONCLUSIONS

The conducted comprehensive study allowed to form a new methodological basis for the development and quality control of sauces with specified functional properties. The main scientific and practical results of the work were formulated.

Substantiation of matrix systems. It was proven that the choice of a model system (emulsion, tomato or fruit and berry) is a determining factor for the bioavailability and sensory perception of dietary supplements. It was established that the lipid phase of emulsion sauces acts as an effective depot for fat-soluble

antioxidants, while the polysaccharide matrix of fruit sauces best masks the specific astringency of plant extracts.

Sensory and digital profiling. An integrated approach was applied, combining classical quantitative descriptive analysis (QDA) with digital methods of the “electronic nose” and “electronic tongue”. The obtained digital profiles of basic and innovative recipes allowed mathematically confirming the zones of product harmony and establishing threshold concentrations of additives that do not cause degradation of the flavor bouquet.

Establishment of rheological correlations. Stable correlations were found between instrumental indicators of viscosity, adhesion and sensory sensation “mouthfeel”. This makes it possible to replace subjective texture assessment by 70–80% with objective laboratory measurements, which is critically important for standardizing products with prebiotics and mineral complexes.

Optimization of consumer preferences. The constructed preference maps (Preference Mapping) clearly localized the “ideal point” for each type of sauce. Mathematical modeling confirmed that the use of Industry 4.0 principles in recipe design allows achieving synergy between functional value and organoleptic appeal, minimizing the risks of market rejection of innovations.

Predictive stability. Models for predicting changes in the sensory profile during storage have been developed. It has been established that the use of complex stabilization systems allows extending the shelf life of the “fresh” profile of sauces with DD by 15–20% compared to basic preservation methods.

Practical recommendations have been formulated and summarized:

For manufacturing enterprises. Implement the developed express organoleptic control cards as part of HACCP systems for operational quality monitoring.

For R&D laboratories. Use the “flash profiling” method for rapid screening of new types of raw materials, which significantly reduces the time to market (Time-to-Market).

For industry standards. It is recommended to integrate digital color assessment methods (computer vision) into regulatory documentation for sauce products to increase the accuracy of variety and freshness identification.

The results of the work constitute the scientific basis for creating a new generation of healthy food products, where digital technologies and mathematical modeling act as guarantors of high quality and consumer success.

To implement modern profiling methods at food industry enterprises, it is necessary to ensure the integration of scientific approaches into the daily practice of production laboratories and R&D departments. This will allow not only to control quality, but also to consciously manage consumer loyalty.

Recommendations for the implementation of profiling methods have been formulated and substantiated.

Creation of sensory zones. It is recommended to equip specialized tasting booths with controlled lighting (in accordance with ISO 8589) and neutralization of foreign odors. This minimizes external influence on experts during the evaluation of complex sauce systems with dietary supplements.

Digital retrofitting. For enterprises with a high degree of automation, it is advisable to introduce high-resolution digital cameras for computer vision and portable spectrophotometers. This will allow replacing visual color assessment with digital Lab coordinates.

Personnel selection. Selection of employees for sensory profiling should be based on sensory sensitivity tests (determination of taste and smell thresholds).

Continuous training. The implementation of the QDA method requires regular sessions to calibrate experts using reference sauce samples. This ensures uniformity of terminology (for example, a clear distinction between “metallic taste” and “tartness” in sauces with DD).

Screening of new ingredients. Use the Flash Profiling method as an express filter when changing suppliers of raw materials (oil, tomato paste, extracts). This allows you to instantly determine whether the new raw material affects the brand’s signature taste profile.

Preference mapping. It is recommended to conduct an annual comparison of internal sensory profiles with the results of consumer tests (Preference Mapping). This will help to identify “drift” of consumer tastes and reformulate sauces in a timely manner.

Implementation of express cards. It is recommended that technical control laboratories move from descriptive conclusions (“product-specific taste”) to the use of numerical tolerance profiles. Any batch where the intensity of key descriptors exceeds 15–20% of the standard should undergo additional technological expertise.

Sensory passport of the product. For each type of innovative sauce, it is advisable to develop a “Sensory passport” where its digital fingerprint is recorded (electronic nose/tongue or spectrophotometry data). This is a legal and technological argument in the event of quality claims.

Interdisciplinary interaction. The results of profiling should be available not only to technologists, but also to marketers. Understanding the “ideal point” (JAR) allows the sales department to more accurately position the product as functional or premium, based on proven organoleptic advantages.

The implementation of the recommendations will allow transforming organoleptic analysis from an auxiliary tool into a strategic advantage of the enterprise, ensuring consistently high quality of innovative products in a competitive market.

SUMMARY

The paper presents the scientific justification and development of a comprehensive methodology for sensory analysis and profiling for creating harmonious sauces with dietary supplements of plant and mineral origin with guaranteed quality indicators. The relevance of the study is due to the modern transition of the food industry to a model of preventive and health-improving nutrition in the conditions of the growth of nutritionally dependent diseases. Sauces are defined as an optimal multicomponent technological matrix for the introduction of biologically active substances, however, their integration is accompanied by the risks of the appearance of foreign flavors, changes in viscosity and disruption of the colloidal stability of systems, which requires the objectification of sensory perception.

The object of the study is the process of forming the organoleptic properties of sauces of various physicochemical nature (emulsion, tomato, fruit and berry) under the conditions of integration of dietary supplements. The subject of the study is the regularities of changes in the sensory profile, descriptive characteristics of taste, aroma and texture, as well as methodological approaches to their modeling. Within the framework of the theoretical and methodological analysis, the specifics of the influence of different types of nutrients on the sauce matrix were investigated. It was proven that plant extracts (grape seeds, green tea, echinacea) provoke astringency and bitterness due to the high content of polyphenols, and prebiotics significantly transform rheological indicators, acting as fat imitators. Mineral complexes most often cause a metallic aftertaste and catalyze lipid oxidation. An algorithm for the formation and preparation of an expert commission in accordance with ISO and DSTU standards (in particular ISO 6658, DSTU ISO 8586, ISO 13299) was developed. The procedure for selecting candidates by sensitivity thresholds, methods for their training using physical standards and periodic calibration of the tasting panel to eliminate “sensory drift” is described. A unified terminology for constructing petal diagrams is substantiated. The assessment of the reliability, reproducibility and consistency of the expert panel is implemented through mathematical and statistical tools, in particular multivariate analysis of variance (ANOVA), Kendall’s concordance coefficient and the principal component method (PCA), which allows for recording objective “digital fingerprints” of the sensory space. The feasibility of using three types of model systems (emulsion two-phase systems “oil-water”, acid-aggressive tomato bases and highly destructive fruit and berry matrices) is scientifically verified. This allowed for a comprehensive study of the phenomena of synergism and antagonism of ingredients and to model the optimal “harmony coefficient” of finished products, combining their high biological value with impeccable gastronomic characteristics.

Bibliography

1. Loutfi A., Coradeschi S., Mani G. K. Electronic noses for consumer quality control : a review. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 144. P. 103–111.
2. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Наукові основи формування якості та безпечності нових видів соусів. *Товари і ринки*. 2017. № 2. С. 115–124.
3. Савченко О. А. Дослідження антиоксидантних властивостей соусів на основі рослинної сировини. *Харчова наука і технологія*. 2018. Т. 12. № 1. С. 45–52.
4. Божко Н. В., Пасічний В. М., Тищенко В. І. Використання рослинних екстрактів у технології емульсійних соусів функціонального призначення. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series : Food Technologies*. 2019. Vol. 21. No. 91. P. 108–113.
5. Аудит і контроль якості харчових продуктів у країнах ЄС та світу / Г. Толок, Т. Бровенко, О. Бірюкова, А. Ратушенко, А. Горкун, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024. No. 4. P. 18–22.
6. Chambers E., Castro M. What is “Natural” in Food? A Sensory and Consumer Science Perspective. *Current Opinion in Food Science*. 2018. Vol. 21. P. 130–137.
7. Аудит і метрологічні засоби оцінення якості харчої продукції на виробництві / А. Ратушенко, М. Криворучко, С. Неїленко, О. Любенюк, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2025. No. 1. P. 456–460.
8. Stone H., Sidel J. L., Bloomquist K. J. Strategic applications for sensory evaluation in a global food market. *Food Quality and Preference*. 2020. Vol. 80. Art. 103812.
9. Акредитация і перспективи впровадження системи HACCP у виробництві харчової продукції / Л. Баль-Прилипка, Г. Толок, Т. Бровенко, М. Криворучко, А. Горкун, А. Антоненко. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024. No. 1. P. 111–116.
10. Безпечність соусної продукції оздоровчого призначення / Л. Баль-Прилипка, А. Антоненко. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. No. 355 (4). P. 759–763.
11. Удосконалення технології соусу майонезу з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипка. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2025. № 2 (16). С. 5–9.
12. Якість та безпечність майонезу на основі купажованої олії, порошка з баклажанів та гуміарабіка / А. В. Антоненко, Л. В. Баль-Прилипка.

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2025. Вип. 15, т. 1. С. 259–266.

13. Sinesio F., Moneta E., Esti M. Sensory and Physicochemical Characterization of Functional Sauces Enriched with Dietary Fibers. *Journal of Sensory Studies*. 2016. Vol. 31. No. 4. P. 289–301.

14. Розробка технології функціональних майонезних соусів / Л. В. Баль-Прилипка, А. В. Антоненко. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. No. 357 (5.1). P. 423–428.

15. Дослідження реологічних характеристик дієтичних добавок в харчових системах соусів / Л. В. Баль-Прилипка, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Вип. 2. С. 277–289.

16. Delarue J., Lawlor J. B. Sensory characterization of food products: standard and rapid methods. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 2023. P. 321–345.

17. Using oat milk to reduce the caloric value of a functional mayonnaise sauce / I. Dudarev, O. Kuzmin, N. Stukalska, T. Brovenko, N. Kovalenko, T. Lebedenko, A. Antonenko. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2024. Vol. 23. No. 1. P. 29–38.

18. Ciurczak F. B., Igne B. Pharmaceutical and Medical Applications of Near-Infrared Spectroscopy. *Crc Press*. 2014. [Focus on flavor analysis in complex systems].

19. Технологія яєчно-масляного соусу з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипка. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. No. 3 (17). P. 5–10.

20. Моделювання композиційної суміші дієтичних добавок для соусів / Л. В. Баль-Прилипка, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Вип. 3. С. 249–261.

21. Дослідження амінокислотного та жирнокислотного складу соусів функціонального призначення / Л. В. Баль-Прилипка, А. В. Антоненко. *Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки*. 2025. Т. 2, вип. 5. С. 3–12.

22. Підвищення харчової цінності соусу «томатний» з використанням дієтичних добавок / А. В. Антоненко, Л. Баль-Прилипка. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. No. 4 (18). P. 7–12.

Information about the authors:

Antonenko Artem Vasylovych,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Standardization

and Certification of Agricultural Products

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15, Heroyiv Oborony Street, Kyiv, Ukraine

Ratushenko Antonina Tarasivna,

Candidate of Technical Sciences,

Head of the Department of Food Technology

Open International University of Human Development “Ukraine”

23, Lvivska Street, Kyiv, Ukraine

Gorkun Artem Oleksandrovykh,

Postgraduate Student at the Department of Hotel,

Restaurant and Tourism Business

Kyiv University of Culture

36, Yevhena Konovaletsia Street, Kyiv, Ukraine

CONSUMER DECISION-MAKING WHEN PURCHASING FOOD PRODUCTS FROM UKRAINIAN MANUFACTURERS

Riabinina N. O., Yaryi I. M.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-19>

INTRODUCTION

In modern economic science, the study of consumer behavior serves as the foundation for developing effective marketing strategies. The process of making a purchasing decision is not a quick one, but rather a complex sequence of stages in which the consumer is influenced by a combination of specific internal and external factors.

Classical economic theory (A. Smith, D. Ricardo, J. Stuart Mill, T. Malthus) was based on the utility maximization postulate: the consumer possesses complete information about the market and chooses the good that yields the greatest benefit at the lowest cost. However, in practice, this theory proved to be flawed.

Modern theory (based on the research of L.V. Balabanova and S.V. Garkavenko) views consumer behavior as a system of an individual's adaptation to environmental conditions^{1, 2}. Consumers satisfy their needs by making the choices that seem acceptable to them at a given time.

According to the classical approach, the decision-making process consists of five main stages: problem recognition, information search, evaluation of options, purchase decision, and post-purchase behavior.

The first stage is recognizing a need. It arises when a consumer perceives a gap between their desired and actual state, where the impulse can be triggered by both internal stimuli (hunger, thirst) and external ones (advertising, a store window)³.

During the information-seeking stage, consumers gather data by drawing on their own cognitive experience (internal sources of information) and their

¹ Балабанова Л. В. Маркетинговий менеджмент : навч. посібник. Київ : Знання, 2014. 354 с.

² Гаркавенко С. С. Маркетинг : підручник. Київ : Лібра, 2010. 720 с.

³ Шафалюк О. К. Споживачі на ринку : монографія. Київ : КНЕУ, 2015. 212 с.

active external environment. In this era of widespread digitalization, the significance of external communication factors has increased substantially. Modern Ukrainian consumers are characterized by a high level of trust in informal information – in particular, user-generated content on social media and the expert opinions of influencers. На стадії пошуку інформації споживач збирає дані, звертаючись до власного когнітивного досвіду (внутрішні джерела інформації) та активного зовнішнього середовища⁴.

The process of evaluating alternatives is based on a system of individual criteria that reflect a person's key priorities, and it is at this stage that the “awareness set” and “choice set” are structured, within which the individual analyzes brands based on their ability to best meet current needs⁵.

During the purchase stage, two factors can influence a consumer's decision: the opinions of those around them (so-called social pressure) and unforeseen circumstances (such as the unavailability of the desired product or the sudden emergence of priorities that require additional financial expenditure).

The final stage is the experience following the purchase. It is this experience that will determine whether a person returns to this brand again. If the actual product turns out to be worse than expected, “cognitive dissonance” arises – a state of disappointment that negates all of the company's previous advertising efforts⁶.

Therefore, the very process of choosing is always an attempt to solve a problem without having all the facts. Since consumers never have complete information (so-called “information asymmetry”), they subconsciously use heuristics – simple rules that make their choice easier, namely: the recognition strategy (I buy what I've seen on TV, in advertising brochures, on billboards, on social media, etc.); the price-quality strategy (if a product is expensive, it subconsciously implies high quality; or if it's the Nasha Ryaba brand, their products are safe and fresh thanks to the company's “from grain to plate” control policy); the social proof strategy (I buy what others have or choose – the bandwagon effect). Thus, the theoretical essence of this phenomenon lies in reducing cognitive load. The consumer strives to make a decision as quickly as possible and with minimal effort. The economics of choice is, above all, a struggle to become the easiest and most desirable choice for the buyer, one that leaves no doubt about the choice made.

⁴ Шафалюк О. К. Споживачі на ринку : монографія. Київ : КНЕУ, 2015. 212 с.

⁵ Решетнікова І. В. Маркетингова стратегія підприємства : навч. посібник. Київ : Знання, 2010. 252 с.

⁶ Куденко Н. В. Стратегічний маркетинг : навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2012. 523 с.

1. Key factors influencing Ukrainian consumers' decisions

Making a purchasing decision in Ukraine today is not just about choosing a specific product, but also about the consumer's attempt to adapt to extremely challenging conditions. While price used to be the decisive factor, the psychological model of choice has now become much more complex. Let's examine the main groups of factors that guide modern Ukrainians.

1. The factor of security and trust. In conditions of constant instability (power outages, air raid alerts, constant enemy attacks on infrastructure, uncertainty about the future, limited financial resources, and financial instability), product quality has taken center stage. Consumers fear buying spoiled or low-quality goods. Therefore, they subconsciously choose large, recognizable brands (such as “Nasha Ryaba”).

For Ukrainians, a large, stable company is a guarantee that production standards are met and that products are of high quality, fresh, and safe. This is a reassuring factor for which the buyer is willing to pay more. Ключові фактори впливу на рішення українських споживачів

It is also important to note that Ukrainian legislation regarding compliance with product quality requirements and liability for violations is gradually improving, but not sufficiently. Control over manufacturers is largely formal in nature. The mechanism for returning goods and compensating for damages based on the provisions of the Law of Ukraine “On the Protection of Consumer Rights” is often very complex and time-consuming in practice⁷.

European quality standards (EN) are stricter than Ukrainian ones (DSTU), as they prioritize safety, quality, and environmental friendliness. Ukraine is in the process of aligning its legislation with EU requirements in accordance with the Association Agreement⁸.

Quality control for Ukrainian products is far from perfect; very often, the ingredients listed on the label do not match the actual contents, not to mention underground workshops and production facilities. Therefore, domestic consumers place greater trust in craft producers and small family businesses that care about their image and reputation, as well as in industrial giants that export their goods, whose products undergo multi-stage inspections in order to enter and remain competitive in foreign markets.

⁷ Про захист прав споживачів : Закон України. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2023. № 78, ст. 276. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3153-20#Text>.

⁸ Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text.

2. The social factor. Ukrainians have become extremely sensitive to the values of the brand they choose. The so-called ethical choice has become a priority. Before making a purchase, consumers (often unconsciously) check whether the brand supports the military, has withdrawn from the market of the aggressor country, or allocates funds to volunteer programs. A company's social stance has become a powerful factor in loyalty. If a chosen brand demonstrates patriotism, the consumer feels involved in a good cause simply by purchasing its products.

3. The factor of saving personal time and energy (convenience). Due to high levels of constant stress and fatigue, consumers have come to value their time and energy more. This is a factor of functional convenience. Instead of buying a whole chicken and spending time cutting it up, Ukrainians opt for ready-made solutions: fillets, marinated meat, or semi-prepared foods ("ready-to-cook"), such as nuggets. Preference is given to a more expensive product whose preparation will save precious time that can be devoted to oneself and one's family. In conditions of energy scarcity, this is a decisive argument.

4. The information factor. Traditional TV commercials and billboards have begun to lose their influence on consumers. Social proof is becoming the dominant factor. Consumers now trust reviews in online forums or posts by bloggers and celebrities more than official slogans. Ukrainians have started actively using mobile apps and retail chains' websites to search for discounts and promotional items. Such actions subconsciously give a sense of control over one's own financial resources, which is extremely important in the current realities faced by consumers in Ukraine.

2. Factors influencing purchasing decisions and directions for the transformation of marketing strategies among Ukrainian companies in the industry

An analysis of Ukraine's consumer market for the period 2021–2024 reveals a profound shift in priorities driven by macroeconomic shocks. The food inflation index has become a key factor driving Ukrainians' choices. While inflation was moderate in 2021 (10%), it surged to 26.6% (overall) and over 34.4% for food products in 2022. Take the rise in chicken prices, for example. Based on average monthly prices from the Ministry of Finance portal, the average price of chicken breast rose from 108.44 UAH/kg in 2021 to 163.14 UAH/kg in 2024 (Table 1). This has forced consumers to switch from buying premium cuts to more budget-friendly options (drumsticks, wings) or to look for promotional offers from large retail chains.

Table 1

Comparison of average prices for meat products (UAH/kg)

Products	2021	2022	2023	2024
Chicken breast, UAH/kg	108,44	131,68	139,05	163,14
Pork (UAH/kg)	120,55	146,06	188,45	180,69
Beef (UAH/kg)	164,86	205,61	221,42	270,56

Source: created by the author based on⁹.

Economic factors have triggered a “substitution effect” that is clearly evident in industry statistics. Due to rising prices for beef and pork (which, according to the Ministry of Finance portal, outpaced the rate of increase in poultry prices), the share of chicken in total meat consumption in Ukraine has risen to over 55%. Chicken has officially become the primary source of animal protein for most households, making the pricing policies of market leaders (particularly MHP) strategically important for the entire industry.

During the 2022–2024 period, purchasing decisions were influenced by the stability of supply. According to retail statistics, during power outages, consumers preferred vacuum-packed products and semi-prepared foods that do not require lengthy preparation. This confirms the shift from a “raw material” choice to a “functional” choice, where ease of use and speed of heat treatment are key factors.

An analysis of real household income indicates a decline in its currency equivalent. This has given rise to the “rational shopping” phenomenon: consumers have begun to shop more frequently but in smaller quantities, which has led, for example, to food giants such as MHP expanding their product range to include portion-sized packaging. According to the data presented in Table 1, certain trends can be observed. In recent years, there has been a steady upward trend in the cost of all types of meat products, driven by a combination of macroeconomic factors.

Prices for pork and beef are rising faster than those for chicken, making poultry products more economically attractive for consumers’ budgets. Chicken breast has shown the most stable yet continuous growth – from 108.44 UAH in 2021 to 163.14 UAH in 2024. Thus, the total absolute increase amounted to 54.70 UAH, which represents a 50.44% increase. This confirms chicken’s status as a staple protein source, with a price that is less volatile compared to other types of meat. Pork and beef saw a sharper price surge in 2022–2023. In particular, the price of pork rose by a record 29.02% in 2022 alone, which is

⁹ Середні ціни на товари та послуги. Мінфін: фінансовий портал. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/product-prices> (дата звернення: 20.03.2026).

attributed to logistical challenges and a reduction in livestock numbers due to hostilities.

The combination of military risks, energy shortages, rising feed costs, and logistical challenges is creating the conditions for further price increases in meat products. The need to maintain complex technological processes and cold-chain logistics amid an energy crisis – exacerbated by the instability of global fuel prices due to geopolitical tensions in the Middle East – inevitably leads to higher costs for end consumers. Rising prices for diesel fuel and gasoline directly impact producers' logistics costs. For example, for companies with their own distribution networks (their own trucks), every hryvnia increase in fuel prices adds 2–3% to the cost per kilogram of meat on the shelf.

Poultry farms require stable heating (gas/electricity) and ventilation. Amid power shortages and the shift to generators, the cost of energy increases by 3–5 times. This creates a “price shock” that is gradually passed on to the consumer. Grain elevators and feed mills also depend on energy costs (for grain drying), which increases the cost of raising poultry. The outlook for the future is not very optimistic at this time. In the medium term, retail prices are expected to rise by 10–12%. The main peak will occur during periods of increased electricity rates for industry.

To save money, consumers will increasingly opt for packaged goods and ready-to-cook meals in order to better control their spending and time. To retain the loyalty of budget-conscious consumers, companies are forced to strike a balance between raising prices and optimizing their own energy and logistics costs.

The transformation in consumer behavior caused by the macroeconomic shocks of 2021–2024 has forced Ukraine's food industry to radically rethink its marketing models. Whereas competition used to revolve primarily around price, the industry has now shifted its focus to competing for consumers' time and trust.

– *The shift toward the “Food-as-a-Service” model.* The meat processing industry is seeing a clear move away from selling unprocessed raw materials. The development of high-value-added products has become a priority, specifically Ready-to-Cook (semi-prepared foods) – this is a response to consumer demand for simplified meal preparation. Manufacturers are investing in marinating technologies, portion-cutting, and baking-ready packaging. Companies in the industry are moving away from positioning themselves as farms and are instead becoming kitchen assistants, offering ready-made recipe solutions.

– *Restructuring of distribution channels.* Industry analysis indicates a shift in the role of retail. Instead of general-purpose hypermarkets, industry leaders are developing their own or partner single-brand chains. This allows them to control the “cold chain” (especially important during blackouts) and collect

consumer data directly at the point of sale. Integrating online orders with physical pickup locations has become a mandatory standard for maintaining market share.

– *Adapting pricing to the new realities.* Based on inflation data from the Ministry of Finance’s monitoring portal, companies in the industry have implemented a flexible pricing strategy. The use of fixed-weight packaging (for example, 350–500 g instead of 1 kg) allows for maintaining a psychologically comfortable price per unit of product. Marketing budgets are being reallocated from direct advertising to trade marketing (discounts, bonuses), as 75% of purchasing decisions in the industry are now made directly at the shelf based on the so-called “yellow price tag.”

– *Social and value-based differentiation.* During the 2022–2024 period, a mandatory element of reputational sustainability was incorporated into the industry’s marketing strategies. Factors such as support for the military, energy independence in production, and tax transparency have become part of marketing communications. Consumers tend to choose brands that demonstrate social responsibility, which fosters long-term loyalty that is resilient to price fluctuations.

According to the data presented in Table 2, there has been a trend in recent years toward a shift from selling bulk goods (whole carcasses, meat by weight) to high-value-added products (semi-prepared and ready-to-eat meals). Companies now sell not just raw materials, but “time” and “convenience,” which align with the modern pace of consumers’ lives. Instead of exhausting price wars and dumping (the battle for the lowest price on the market), businesses have shifted to more sophisticated strategies. Customer retention through bonuses and personalization (loyalty cards).

Table 2

**Evolution of marketing tools in the food industry
(based on original research)**

The 4P Element	Traditional approach (until 2021)	Modern approach (from 2024)
Product	Bulk goods, raw materials	Semi-finished products, ready-to-eat meals
Price	Price wars, dumping	Loyalty programs, “price per serving,” promotional campaigns
Place	Mass market, markets	Branded retail chains, neighborhood stores
Promotion	Іміджева реклама (ТБ)	Social projects, digital engagement, collaboration with bloggers and influencers

Source: Compiled by the author based on personal observations.

To mitigate the price shock for consumers, manufacturers are shifting to a model of reducing the nominal weight per unit. This approach allows them to maintain a psychologically acceptable price per package, despite rising raw material costs.

Large-scale mass-market retailers and markets are beginning to compete with specialized formats (such as “M’yasomarket”). This allows companies to directly control the customer experience and service. The focus is shifting toward walk-in accessibility, which is a key factor for daily purchases of fresh produce. Traditional image advertising on television reaches everyone, but it is not always effective. Collaborating with bloggers and influencers builds a higher level of trust.

3. The company’s marketing mix and measures for its improvement (using PJSC “MHP” as an example)

MHP (Myronivsky Hliboproduct) is a leading international player in the food and agrotechnology sector, as well as the largest poultry producer in Ukraine. It is important to view the company not merely as a producer, but as a complex system that directly influences consumer choice.

– *Scale and structure of operations.* The company is based on a vertical integration model, which, in conditions of instability, is its main competitive advantage. MHP is a full-cycle company. It independently grows grain for compound feed, produces poultry meat, and handles its own logistics and retail operations. The company’s portfolio includes such well-known brands as “Nasha Ryaba” (market leader), “Legko!”, “Bashchynskyi,” “Skott Smeat,” “Super Filéo,” “Vegas,” “Sekreti Shefa,” and the “Myasomarket” neighborhood store chain.

– *Business model transformation (2021–2024).* It was during this period that MHP embarked on a large-scale transformation from an agricultural holding into a culinary company. This move was a direct response to the factors of “time constraints” and “demand for convenience.” The goal of the transformation is to create high-value-added products (semi-finished goods, ready-to-eat meals) and develop its own retail network for direct contact with consumers.

– *Economic role in the market.* According to financial reports and industry monitoring (including the Ministry of Finance portal), MHP holds over 50% of the industrial chicken production market share in Ukraine. The company is one of the country’s largest taxpayers and foreign exchange earners, which strengthens “social trust” and patriotic loyalty among Ukrainian consumers.

MHP’s product portfolio strategy is a key tool for influencing consumer decisions. Between 2021 and 2024, the company transitioned from a “raw materials producer” model to a “culinary company” model, which enabled

it to differentiate its products based on various factors. According to the company's annual reports (MHP Annual Reports), the key objective is to transition from a model of raw material supplier to a producer of ready-to-eat food solutions, in line with the global trend toward convenience. The company's products are clearly divided into categories, each of which is designed to meet specific psychological and economic needs of the consumer.

Table 3

Product portfolio segments by target market

Main Segments	TM	Brand Product portfolio	Product factors	Segment priorities
Core segment	TM “Nasha Ryaba”	chilled poultry (whole birds, cuts)	core factors of safety and trust	most in demand due to affordability compared to pork and beef
Value-added segment	TM “Apetitna,” “Legko!”	marinated meat, ready-to-bake dishes, nuggets	the main influencing factor is convenience	a premium for speed of preparation, which is critical in high-stress situations.
Premium and niche segment	TM “Skott Smeat,” “Bashchynskyi”	dry-aged beef and sausage products	Gastronomic pleasure	focus on obtaining the desired emotional reward.

Source: this resource was created by the author based on¹⁰.

Innovations in packaging and technology are aimed at preserving quality and safety. Taking into account industry challenges (blackouts, logistical disruptions), MHP's product analytics identifies the following technological factors. Vacuum packaging and modified gas atmospheres allow for extending the shelf life of chilled meat without freezing. For the consumer, this ensures freshness and reliability. The shift from bulk goods to portion-sized packages of 400–600 g. This addresses the “rational check” concept – the consumer sees a fixed price per package, which makes budget planning easier in an inflationary environment.

MHP's products are highly competitive thanks to vertical integration (control from grain to shelf). This creates a guarantee of quality for the buyer, which is difficult for small local producers to replicate.

According to market analyses (Forbes Ukraine¹¹, Dragon Capital¹²), MHP's products maintain their market leadership thanks to vertical integration.

¹⁰ Офіційний сайт МХП. URL: <https://mhp.com.ua> (дата звернення 18.03.2026).

¹¹ Українська версія авторитетного міжнародного бізнес-видання Forbes. URL: <http://www.forbes.ua> (дата звернення 05.03.2026).

¹² Сайт однієї з найвпливовіших українських груп компаній у сфері інвестицій та фінансових послуг. URL: <http://www.dragon-capital.com> (дата звернення 05.03.2026).

Quality control begins with feed production and extends through the company’s own logistics, which minimizes the impact of external logistics risks on product freshness.

Table 4 presents an analytical assessment of MHP’s product lines. The analysis is based on key influencing factors, sources of competitive advantages, and demand trends. MHP focuses not merely on meat sales but on high-value-added products (semi-finished goods).

Table 4

Analytical assessment of PJSC “MHP” product lines through the lens of influencing factors

Product category	Key influencing factor	Source of competitive advantage	Share of demand (trend)
Chilled Chicken	Brand Trust and Price	Brand Awareness > 90%	Stable
Ready-to-Cook Products	Convenience and Speed	Wide product range	Wide product range
Prepared meals (M'yasomarket)	Service and ready-made solutions	Own chain of “M'yasomarket” stores	Rapid growth
Sausage products	Taste and value	Wide “Bashchynsky” product range	Moderate growth

Source: Created by the author based on personal observations.

The company’s own “Myasomarket” store chain is identified as a key advantage for its culinary products, minimizing dependence on third-party retailers. High brand recognition – over 90% in the core segment – allows the company to experiment with new product lines, building on the trust it has earned from consumers.

Between 2021 and 2024, the Ukrainian food market was affected by extreme factors: the COVID-19 pandemic, a full-scale invasion, inflation, logistical challenges, and mass population migration.

According to the annual reports of PJSC “MHP,” the company has demonstrated adaptability to changes in consumer demand. In 2021, the strategy focused on transforming from a raw materials company into a culinary one, which aligned with consumer demand for ready-to-eat and quick-prep meals. However, starting in 2022, product availability and safety have also become important. An analysis of financial reports shows that despite logistical challenges, the company’s revenue in 2023 increased by 14% compared to 2022, which is attributed to both inflationary pressures and stable demand for poultry meat as the most affordable source of protein for Ukrainians. This confirms that, in a context of declining incomes, affordability becomes the dominant factor.

Based on an analysis of PJSC “MHP”’s non-financial reports and sustainability reports, three main groups of factors can be identified that influenced Ukrainians’ purchasing decisions during this period.

- Economic factor (price elasticity and the “price-quality” strategy).

In its 2022 report, the company notes that consumer price inflation forced shoppers to reevaluate their shopping baskets. There was a shift from expensive beef and pork to chicken. The growth in the share of chicken meat sales in the retail segment against the backdrop of a general decline in purchasing power. Consumers choose products that meet their basic needs at the lowest possible cost.

- Socio-psychological factors (brand trust, corporate social responsibility).

During the war, product safety and trust in the manufacturer have become critical factors. In its 2023 report, MHP notes increased loyalty to the “Nasha Ryba” brand, as consumers, in times of uncertainty, tend to choose familiar brands that guarantee quality. To avoid risk, the buyer is willing to pay more for the brand to be confident in the product’s freshness.

An analysis of the 2023 sustainability (ESG) report shows that Ukrainian consumers have begun to pay attention to how the company supports the Armed Forces of Ukraine and local communities. MHP’s humanitarian projects, such as “MHP-Community,” have had a positive impact on the brand’s image.

- Situational factors (convenience and changes in distribution channels, environmental friendliness).

Reports from 2021–2023 document a sharp increase in demand for individually packaged products and semi-finished goods. This is primarily due to time savings and quick meal preparation amid power outages and water supply issues. The number of retail outlets in the “Myasomarket” chain grew to over 240 in 2023, indicating demand for the “neighborhood store” format».

4. A study of factors influencing consumers of PJSC “MHP” and ways to improve the company’s marketing activities

a total of 135 respondents participated in the pilot study: 51.4% were men and 48.6% were women. In the food sector (especially meat), women traditionally tend to act as the primary decision-makers for family purchases. Women focus more on safety and environmental friendliness. They are more likely to read the ingredients list on the packaging and look for labels such as “antibiotic-free,” “GMO-free,” and so on. It is women who are the main critics of industrial chicken in favor of free-range chicken. Men tend to prioritize functionality and quantity. For them, it is more important that the product is filling, or that it is a ready-made solution (such as marinated kebabs) that does not require a long preparation time.

It was important for the study to take into account the purchasing attitudes of both men and women.

The respondents' ages ranged from 26–40 (62.9%), 41–60 (20%), and over 60 (17.1%). Each generation has its own purchasing preferences. Young people (18–25 years old) typically prioritize speed. They are more likely to buy ready-to-eat meals. Middle-aged consumers (26–40 years old), the so-called “family” demographic, prefer both semi-prepared products and whole or portioned chicken. For them, meat quality and convenient packaging are important. The older generation (41+) is more conservative. They are accustomed to buying whole chickens or meat by weight and cooking “from scratch.” It is this group that most often chooses “free-range” chicken at markets out of habit or a whole chicken at the supermarket.

Classifying customers by marital status is one of the key elements of demographic segmentation in marketing research. Marital status directly influences how much and how often a person purchases a product. Single people prefer portion-sized items, small packages (e.g., 200 g of chicken breast), and quick-to-prepare foods; price also plays an important role for them. Large families focus on bulk purchases and staple foods in significant quantities.

The vast majority of respondents (65.7%) belong to families consisting of 3–4 people, 17.1% to families of 2, 11.4% are single, and 5.8% are families consisting of 5 or more people.

According to the analysis of this study, the dominant factors influencing the choice of meat products in stores are freshness, production date, product appearance, price, and promotional offers (Fig. 1).

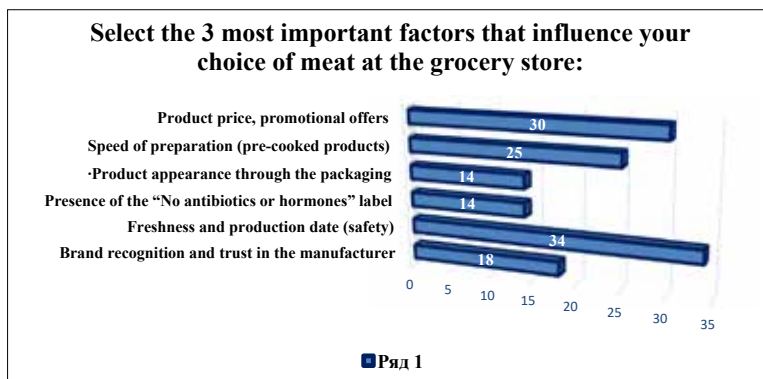


Fig. 1. Factors influencing the choice of meat products

Source: Created by the author based on original research.

The vast majority of respondents who participated in the study (85.7%) belong to the category of people with a middle-income level, which is sufficient for food and clothing, but requires saving up for major purchases (Fig. 2).

Middle-income consumers are rational. They don't buy the cheapest items because they care about quality, but they also don't mindlessly buy expensive items because they need to save money. These shoppers look for a balance between price and quality. If such a shopper sees expensive decor or a "sommelier" at "Meat Market," they might subconsciously think it's "too expensive." It's important to understand whether the modern design might scare off this group of people, who are used to saving money. People with average incomes often work long hours to maintain their standard of living. For them, time is money. They are willing to pay a little more for marinated meat or a ready-made meal if it allows them to relax after work. This is the ideal target audience for MHP's "culinary company" concept. For this group, it is critically important to have a clear loyalty program and regular promotional offers, allowing them to effectively manage their daily budget while still being able to save up for major purchases.

According to the data obtained (Fig. 3), 42.9% of respondents buy chicken 2–3 times a week, 25.7% buy it once a week, 22.9% buy it less frequently, and 8.6% do not buy poultry at all.

These figures demonstrate the market's high capacity and a well-established culture of poultry consumption in Ukraine. The fact that the majority of respondents (68.6%) buy chicken at least once a week indicates low price elasticity of demand for this product.

This creates favorable conditions for implementing loyalty programs aimed at retaining regular customers.

According to the survey results (Fig. 4), 25.7% of respondents prefer the "Nasha Ryaba" brand (which indicates that MHP products are in high

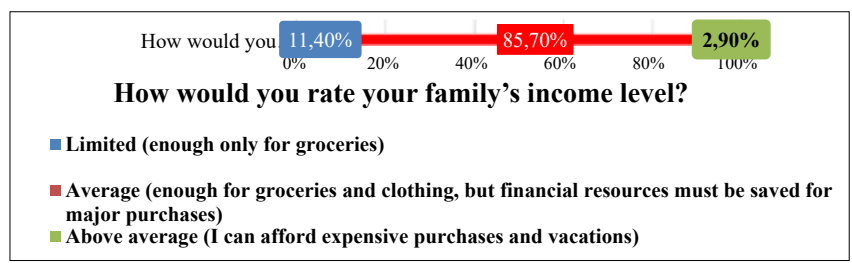


Fig. 2. Household income level

Source: Created by the author based on original research.

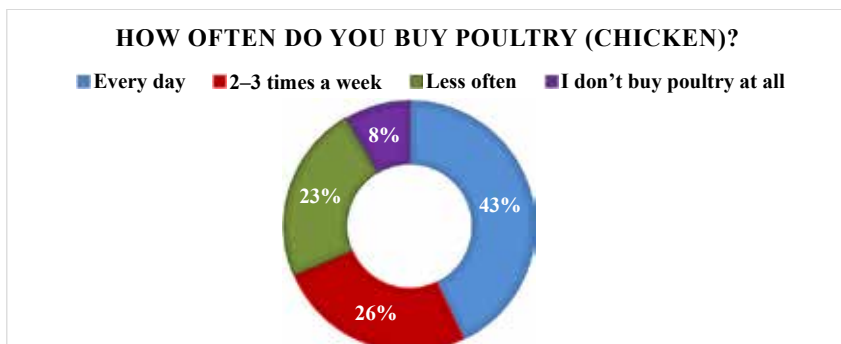


Fig. 3. Frequency of poultry meat purchases

Source: Created by the author based on original research

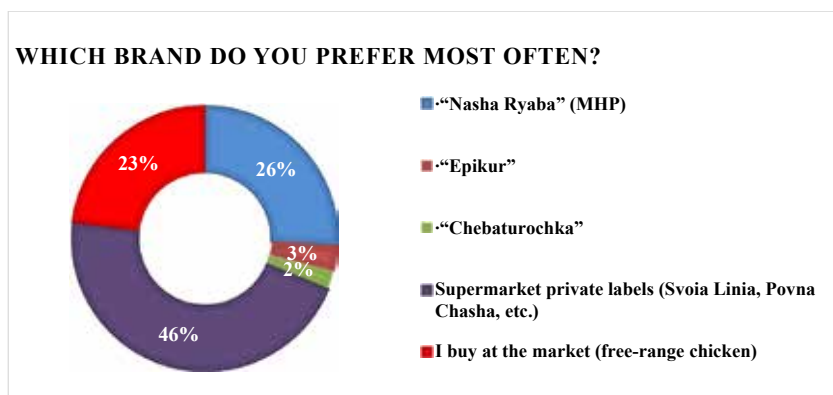


Fig. 4. Brand popularity ranking among surveyed consumers

Source: Created by the author based on original research.

demand), 45.7% prefer supermarket private labels (Povna Chasha, Svoia Linia, etc., as this offers convenience and saves time by allowing them to purchase other items along with chicken), and 22.9% buy poultry (which indicates that quality, environmental friendliness, and taste are important to shoppers).

According to the survey data, price remains the dominant factor in purchasing decisions for the majority of respondents (Fig. 5).

This indicates a high price sensitivity among the target audience, driven by consumers' desire to optimize their daily expenses. At the same time, the results

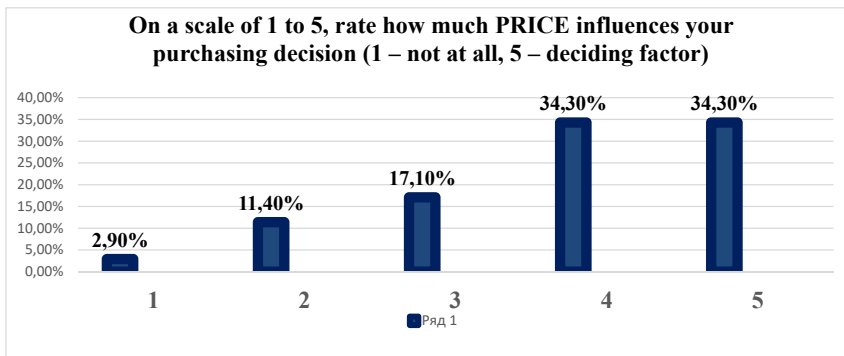


Fig. 5. The impact of price on purchase decisions

Source: Created by the author based on original research.

show that price is not perceived in isolation, but in close connection with the product's quality characteristics.

“Respondents are willing to pay a moderate premium only if freshness and safety are guaranteed, which confirms a rational model of their behavior.” The data obtained indicate that consumers are extremely price-sensitive. A total of 94.3% of respondents are guided, to one degree or another, by promotional offers. This confirms the thesis that in the modern meat products market, price is the primary tool for stimulating sales. Only a small proportion of respondents (5.7%) demonstrate complete price inelasticity, which is characteristic of the premium segment of high-income consumers.



Fig. 6. The effect of promotional pricing on purchasing decisions

Source: Created by the author based on original research.

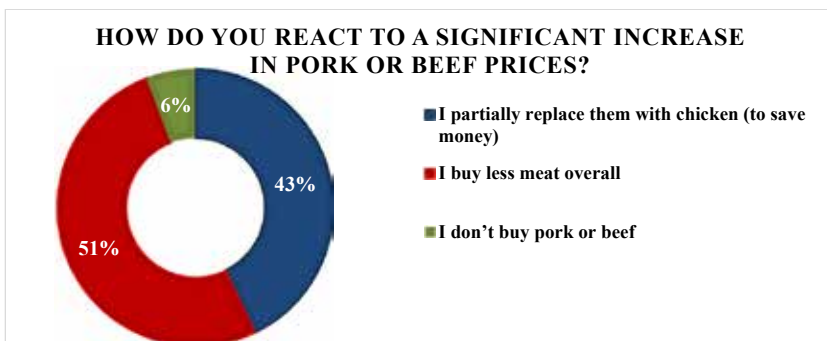


Fig. 7. Response to rising pork and beef prices

Source: Created by the author based on original research.

When pork and beef prices rise, 51.4% of respondents begin to buy less meat overall, while 42.9% partially substitute them with chicken (Fig. 7). These results confirm consumers' high sensitivity to price fluctuations in the meat market. The fact that 42.9% of respondents are willing to substitute expensive pork and beef with chicken indicates poultry's status as the primary substitute product. For MHP, this means that any significant increase in prices for other types of meat automatically expands its customer base, as chicken remains the most affordable source of animal protein for Ukrainians. This allows the company to maintain sales volumes even amid declining consumer purchasing power, provided that chicken is properly positioned as an affordable and healthy alternative to more expensive red meat.

Only 14.3% believe that the chosen manufacturer must support the Armed Forces of Ukraine, engage in volunteer activities, etc.; for 62.9%, this would be desirable but is not the main factor when choosing a brand; and for 22.9% of survey participants, it is not important at all (Fig. 8).

These results indicate that a brand's social engagement (supporting the Armed Forces, volunteering) is an important but not a decisive factor for the majority of consumers (62.9%). This suggests that corporate social responsibility is perceived as an added benefit rather than the primary reason for purchase. For MHP, this means that despite the importance of charitable projects, product quality and affordable prices must remain the foundation of the marketing strategy, as these are critical for 85.8% of respondents (the sum of those for whom this is unimportant or important only as an added benefit). 88.6% choose raw meat (carcass, fillet) for home cooking, 8.6% prefer semi-prepared products, and only 2.9% opt for ready-to-eat meals (Fig. 9).

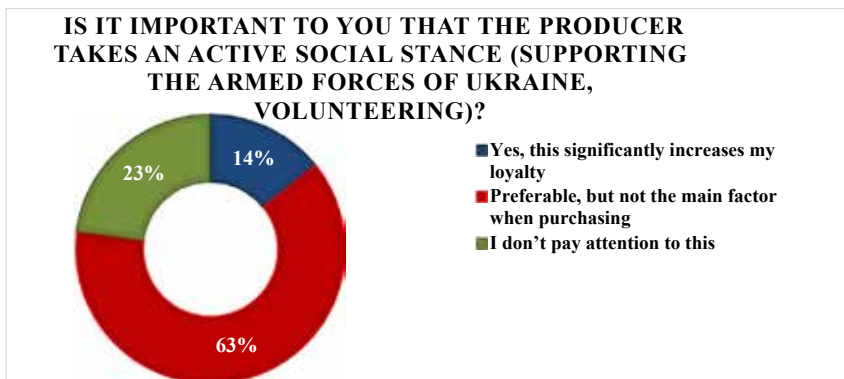


Fig. 8. The influence of a manufacturer's social position on consumers

Source: Created by the author based on original research.

The results confirm that the market remains traditional. 88.6% of consumers still focus on purchasing raw ingredients (whole cuts, fillets) for home cooking. This indicates a strong conservatism among Ukrainian households.

For MHP's strategy to transform into a "culinary company," this indicates the existence of enormous untapped potential; however, it also points to the need for a long-term effort to educate consumers about the benefits of ready-to-eat meals (2.9%) and semi-prepared foods (8.6%).

34.3% of respondents confirm that shopping at specialty meat stores like "M'yasomarket" is very convenient and comfortable, but they usually shop at

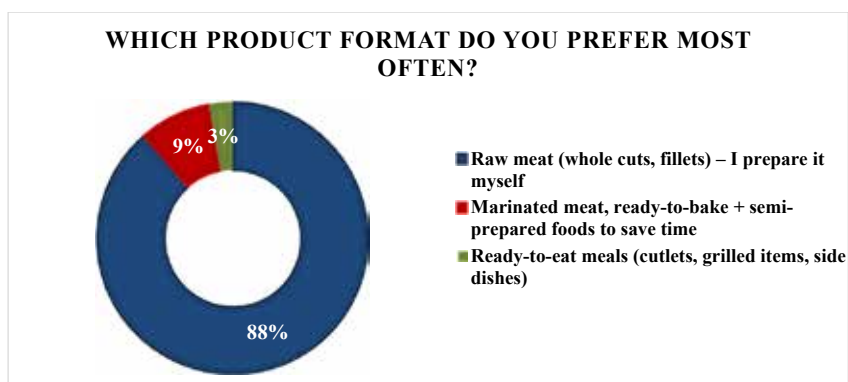


Fig. 9. The impact of a manufacturer's social stance on consumers

Source: Created by the author based on original research.

large supermarkets, where a wide variety of necessary products is available in one place, which significantly saves time on shopping (Fig. 10).

The survey results revealed serious competition between specialized meat retailers and multi-format supermarkets. The main challenge for MHP remains transforming “Myasomarket” from a destination for meat purchases into a full-fledged store with an expanded range of complementary products. The most critical finding of the study is that the majority of respondents had never even heard of the “Myasomarket” chain. This indicates insufficient marketing communications during the project’s scaling phase. MHP needs to strengthen local marketing and advertising to convert potential interest into actual visits to its stores.

An analysis of the use of digital loyalty tools (Fig. 11) revealed a significant gap between the company’s technological offerings and actual customer behavior. The vast majority of respondents (82.9%) prefer traditional shopping without using mobile apps. This indicates that for the majority of the audience, digital barriers (the need to download software, registration) currently outweigh the potential benefits of MHP’s “YIMO” loyalty program.

To summarize the above, the following conclusions can be drawn. During this extremely difficult time for the Ukrainian population, saving money is a priority for most consumers, so price remains the decisive factor when choosing products. Shoppers prefer products that have stood the test of time and well-known brands, spending time searching for discounts and promotional offers.

Although neighborhood stores like “M’yasomarket” are very convenient, many people have never even heard of them. Unlike the “Nasha Ryaba” brand,

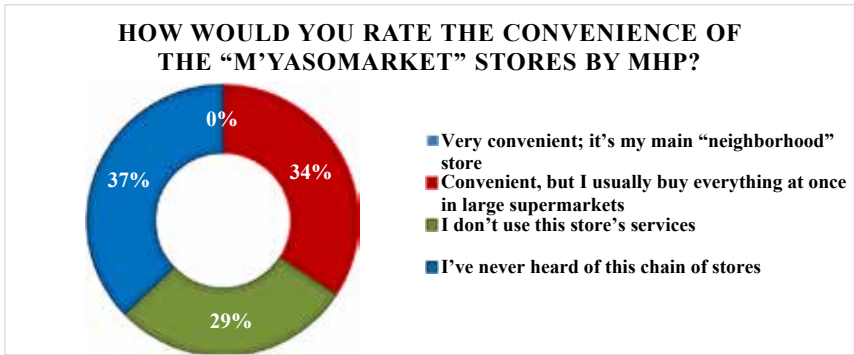


Fig. 10. The convenience of “Myasomarket” stores from the consumer's perspective

Source: Created by the author based on original research.

DO YOU USE THE MHP “YIMO” MOBILE APP FOR THE “MYASOMARKET” CHAIN OR OTHER DIGITAL LOYALTY PROGRAMS FROM OTHER RETAIL CHAINS?

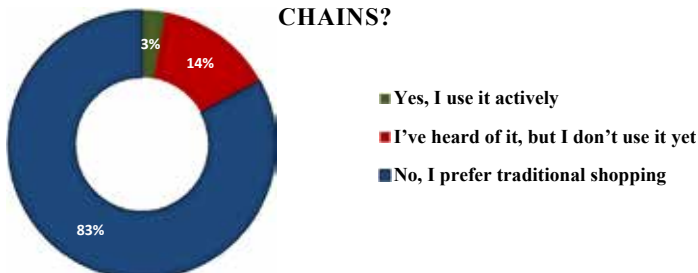


Fig. 11. Shoppers' use of MHP mobile apps and other digital loyalty programs from other retail chains

Source: Created by the author based on original research.

which has been advertised on national TV and radio for years, the promotion of the “Myasomarket” chain, which began in 2020, is more focused on digital (social media) and BTL (local promotions). The older generation (which is an active buyer of meat) is often left out of this communication.

To improve the marketing activities of PJSC MHP and increase the effectiveness of the “Myasomarket” chain, the following measures are proposed.

Strengthen local marketing (BTL promotions, geotargeted advertising) to raise brand awareness, as most potential customers are currently unfamiliar with this store format.

Rebranding or simplifying the interface of the “YIMO” app, including the introduction of an “instant benefit” mechanism (e.g., a 10–15% discount on the first purchase when the app is downloaded directly at the checkout, or “refer a friend and receive bonus points toward future purchases,” etc.).

Expanding the line of ready-to-eat culinary solutions and conducting regular tastings at points of sale to overcome the psychological barrier regarding the quality and taste characteristics of ready-made products.

The main way to improve marketing could be transforming “M’yasomarket” into a full-fledged mini-market. Given that 34.3% of consumers choose large retail chains solely because they can buy everything in one place, it is necessary to expand the complementary product range (bread, dairy products, basic fruits and vegetables, and possibly add baked goods to the product lineup). This will allow for the implementation of the concept of “quick and high-quality shopping close to home,” thereby neutralizing the advantage large retailers have in one-stop shopping.

Improvements to marketing activities should be based on increasing transparency. Since a significant portion of respondents still prefer poultry (22.9%), it would be advisable to implement QR codes on packaging, allowing consumers to instantly view the slaughter date, laboratory test results, and the conditions under which the poultry was raised. Such a step, combined with active communication of the company's volunteer projects (which 77.2% of respondents cited as a desired factor), will foster strong emotional brand loyalty."

CONCLUSIONS

The process of purchasing a product is a complex journey consisting of many stages. At each stage, the buyer may have doubts, revisit their choice, or change their mind several times.

Modern international and domestic approaches demonstrate a shift in focus from purely rational choice to emotional and behavioral models, where psychological triggers and social context play a decisive role.

Today's buyer has become more demanding regarding product safety and environmental friendliness. While price used to be the key factor, today trust in the manufacturer has become a key factor, which in Ukraine is often based on the manufacturer's long-standing presence in the market.

An analysis of the current market situation for the 2021–2024 period showed that Ukrainian consumers are influenced by extreme external factors. An examination of the annual reports of PJSC "MHP" revealed a trend toward "pragmatic loyalty." Consumers choose familiar brands for safety reasons but have become extremely sensitive to price fluctuations due to a decline in real incomes. These conclusions are also confirmed by the results of our own research into factors influencing consumers.

A practical study of the marketing mix, based on a survey of 135 respondents, revealed a high level of trust in the products of the "Nasha Ryaba" brand (25.7%). There is also a clear trend showing the influence of price, the availability of discounts, and loyalty programs on product selection, driven by the limited financial resources of the average Ukrainian. A correlation was found between a person's age, family composition, and purchasing power. Single people and the elderly have lower incomes and, as a result, can afford only a minimum of products, leading them to choose discounted items.

The shift from traditional retail outlets to culinary centers and neighborhood stores ("M'yasomarket") requires a rethinking of classic marketing models. Most respondents (37.1%) have never heard of stores of this type, which indicates that MHP's marketing and advertising policies are inadequate. 34.3% of respondents prioritize convenience and time savings when shopping,

choosing large supermarkets where they can buy everything at once in one place. This once again confirms that for the vast majority of consumers, time is a priceless and non-renewable resource.

It is important to note that middle-income shoppers are the “most loyal” segment for MHP, as they will not switch to the cheapest products at the first sign of a crisis, nor will they go to expensive gourmet markets.

In the Ukrainian context of 2022–2026, consumer behavior is driven not only by preferences but also by logistical constraints, shifts in income, and the need for long-shelf-life or quick-prep foods.

Thus, an analysis of PJSC “MHP”’s strategies reveals how past theoretical approaches are being adapted to today’s crisis conditions, transforming challenges into new opportunities for business development.

SUMMARY

Research into consumer decision-making mechanisms when making purchases now extends beyond purely marketing interests, becoming a matter of business adaptability and resilience. Amid high market volatility, inflationary pressures, and a decline in real household incomes in Ukraine, the structure of consumer priorities has undergone fundamental changes. The chosen topic is driven by the following factors:

1. Transformation of the consumption model. There is a shift from emotional shopping to a strategy of smart saving. Consumers are becoming more rational and discerning, comparing price offers and seeking added value in every purchase.

2. The effect of deferred demand and spending priorities. During times of crisis, consumers tend to postpone purchases of durable goods, focusing instead on basic needs. Understanding the touchpoints that can trigger a purchase under such conditions is key for retailers.

3. The patriotic dimension of consumption. Economic nationalism has become a unique influencing factor for the Ukrainian market. Supporting local producers often becomes a more compelling argument than the recognition of a global brand or even a price advantage.

Thus, a scientific analysis of choice factors allows businesses not only to survive but also to build loyal communities around their brand, based on a deep understanding of customers’ current pain points and needs.

Bibliography

1. Балабанова Л. В. Маркетинговий менеджмент : навч. посібник. Київ : Знання, 2014. 354 с.
2. Гаркавенко С. С. Маркетинг : підручник. Київ : Лібра, 2010. 720 с.

3. Шафалюк О. К. Споживачі на ринку : монографія. Київ : КНЕУ, 2015. 212 с.
4. Решетнікова І. В. Маркетингова стратегія підприємства : навч. посібник. Київ : Знання, 2010. 252 с.
5. Куденко Н. В. Стратегічний маркетинг : навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2012. 523 с.
6. Про захист прав споживачів : Закон України. *Відомості Верховної Ради* (ВВР). 2023. № 78, ст. 276. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3153-20#Text>.
7. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text.
8. Середні ціни на товари та послуги. Мінфін: фінансовий портал. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/product-prices> (дата звернення: 20.03.2026).
9. Офіційний сайт МХП. URL: <https://mhp.com.ua> (дата звернення 18.03.2026).
10. Українська версія авторитетного міжнародного бізнес-видання Forbes. URL: <http://www.forbes.ua> (дата звернення 05.03.2026).
11. Сайт однієї з найвпливовіших українських груп компаній у сфері інвестицій та фінансових послуг. URL: <http://www.dragon-capital.com> (дата звернення 05.03.2026).

Information about the authors:

Riabinina Natalia Oleksiyvna,

Doctor of Philosophy in Economics,

Associate Professor at the Department of Economics and Entrepreneurship

Kyiv Institute of Business and Technology

1/5 Zoryany Lane, Kyiv, Ukraine,

Senior Researcher at the Department of Information Support,

Standardization, and Metrology

Institute of Food Resources of the State Agency for Agrarian Policy of

Ukraine

4A Yevhen Sverstiuk Street, Kyiv, Ukraine

Yaryi Ihor Mykolayovych,

Department of Economics and Entrepreneurship

Kyiv Institute of Business and Technology

1/5 Zoryany Lane, Kyiv, Ukraine

06

SECTION



ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR FOOD PRODUCTION FACILITIES

РЕОЛОГІЧНІ ТА СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

Осьмак Т. Г., Бандура У. Г., Басс О. О.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-20>

ВСТУП

Молочні продукти являють собою складні багатофазні дисперсні системи, властивості яких обумовлені їхнім хімічним складом. Найбільш повну характеристику якості продукту можна отримати на основі аналізу його фізичних властивостей, реологічних, структурно-механічних характеристик, що визначають технологічну якість молочних продуктів та особливості їхньої поведінки під час технологічних процесів. Консистенція є сукупністю реологічних властивостей продукту, які формуються розмірами, формою, просторовим розташуванням і характером взаємодії структурних елементів. За особливостями структури молочні продукти поділяють на структуровані рідкі системи (молоко, вершки) та в'язкопластичні (сметана, кисломолочний сир, сиркові вироби). Кожна із цих груп характеризується специфічними реологічними властивостями, що визначають особливості їхнього виробництва, переробки, зберігання та споживання¹.

Ферментовані молочні напої належать до неньютонівських рідин із псевдопластичним характером течії. Для таких систем характерне зменшення ефективної в'язкості зі зростанням швидкості зсуву, що обумовлено руйнуванням внутрішньої структури продукту під дією механічного навантаження. За низьких швидкостей деформації ці продукти проявляють виражені ознаки аномальної в'язкості, тоді як за інтенсивнішого зсувного впливу їхні реологічні властивості наближаються до характеристик ньютонівських рідин. Структурно-механічні властивості та консистенція кисломолочних продуктів формуються під впливом різних факторів. Якість молочної сировини, вміст жиру та сухих речовин, концентрація білків, режими технологічної обробки є вагомими факторами впливу. Порушення оптимального співвідношення цих чинників може спричинити погіршення структурних

¹ Morison, K. R., Phelan, J. P., Bloore, C. G. Viscosity and Non-Newtonian Behaviour of Concentrated Milk and Cream. *International Journal of Food Properties*. 2013. Vol. 16 (4). P. 882–894.

характеристик, зниження в'язкості та появу синерезису в готовому продукті².

Таким чином, дослідження реологічних властивостей молочних продуктів має важливе значення для розуміння процесів структуроутворення, оптимізації технологічних режимів виробництва та забезпечення стабільно високої якості готової молочної продукції.

Метою роботи є дослідження реологічних характеристик молочних продуктів з різними типами дисперсних систем. Це дасть можливість удосконалити типовий технологічний процес і контролювати якісні показники молочних продуктів.

Органолептичну оцінку кисломолочної пасти проводили методом описування відкритих дегустацій, використовуючи 10-бальну шкалу.

Активну кислотність вимірювали шляхом введення електродів потенціометричного аналізатора в концентрати за температури 20 °С.

В'язкість суміші для кисломолочних паст із рослинними наповнювачами визначали на віскозиметрі Гепплера. Метод засновано на визначенні динамічної в'язкості з використанням падіння кульки у в'язкому середовищі.

Продукт не повинен містити газу, для цього його перед визначенням в'язкості нагрівають до температури $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$, перемішують і охолоджують до температури $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. Пробу продукту обережно наливають по стінці у внутрішню скляну призму віскозиметра на 95% місткості. Із комплексу вибирають кульку з таким розрахунком, щоб тривалість її падіння в продукті на відрізку 0,1 м не була менше ніж 25 і більше за 120 с. Час проходження кулі між верхньою і нижньою позначками фіксують на секундомірі і двічі заміряють до отримання різниці між трьома результатами не більше ніж 1 с.

Динамічну в'язкість продукту h (Па·с) обчислюють за такою формулою:

$$h = t(d - d_1)k \cdot 10^{-3},$$

де t – тривалість падіння кулі, с; d – густина матеріалу, з якого виготовлена куля, за температури 20 °С, г/см³; d_1 – густина молока за температури 20 °С, г/см³; k – константа кулі, мм²/с².

Густина матеріалу, що з нього виготовлена куля, і константа вказані в паспорті приладу.

² Didem Sözeri Atik, Hale İnci Öztürk, Nihat Akın. Perspectives on the yogurt rheology. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 263 (2). Art. 130428.

Вологоутримувальну здатність (ВУЗ) гречано-сироваткового компонента визначали гравіметричним методом, який ґрунтується на визначенні кількості вологи, що виділяється з продукту за легкого пресування. Для цього наважку (0,3 г) вміщували на м'яку водонепроникну пластину діаметром 40 мм, накривали повільно поглинаючим беззольним фільтром діаметром 40 мм, потім накривали скляною пластинкою діаметром 100 мм і вміщували на неї гирю масою 500 г. Через 7 хвилин пластину знімали, а пластину з наважкою зважували. ВУЗ визначали за формулою:

$$\text{ВУЗ} = (100 \cdot (a - b)) / a,$$

де ВУЗ – вологоутримувальна здатність, %; а – кількість вологи у наважці, г; б – кількість вологи, що виділилася з наважки сиру, г.

$$a = 0,3 B_{\text{тв}} / 100,$$

де 0,3 – наважка сиру, г; $B_{\text{тв}}$ – масова частка вологи, %.

Ступінь синерезису згустків визначали центрифужним методом. Дослідний зразок після перемішування вносили в центрифужні мірні пробірки в кількості 10 см³ та центрифугували протягом 30 хв за частоти обертів 3000 хв⁻¹. Через кожні 5 хв визначали об'єм сироватки, що виділявся (см³).

Реологічні властивості кисломолочних паст визначали на ротаційному віскозиметрі Rheotest II з вимірювальною системою циліндр – циліндр S/N шляхом зняття кривих кінетики деформації (течії)³.

Ефективну в'язкість сумішей морозива визначали на ротаційному віскозиметрі Rheotest II з вимірювальною системою циліндр – циліндр (S/S1) шляхом зняття кривих кінетики деформації (течії).

Вимірювання проводили за температури 20 °С у режимах «а» чи «б», які встановлювали експериментально з урахуванням структурно-механічних властивостей досліджуваних зразків. Вимірювальний циліндр (ротор) S1 вибирали з таким розрахунком, щоб градієнтний шар розповсюджувався на всю товщину шару продукту, розміщеного в кільцевому зазорі вимірювального пристрою віскозиметра. Для кожного досліді брали нову порцію продукту.

Вимірювання напруги зсуву проводили за дванадцятьма значень швидкості зсуву γ (мПа*с) у діапазоні від 3 до 1312,2 с⁻¹ за послідовного

³ Kochubei-Lytvynenko, O., Yatsenko, O., Yushchenko, N., Kuzmyk, U. A stabilizing system for butter pastes based on the dry concentrates of milk protein. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5. No. 11 (95). P. 30–36.

ступінчастого збільшення швидкостей зсуву, витримки з найбільшою швидкістю й подальшого послідовного ступінчастого зменшення швидкостей.

Одержані результати вимірювань обчислювали за допомогою стандартних програм статистичного оброблення Microsoft Excel. Графічне представлення експериментальних даних здійснювали за допомогою програми Microsoft Excel. Точність отриманих результатів забезпечувалася три-п'ятикратною повторюваністю дослідів.

1. Формування реологічних властивостей кисломолочних паст із рослинними наповнювачами

З використанням наповнювачів у складі рецептур кисломолочних паст може відбуватися спонтанне відділення вологи як у свіжовироблених продуктах, так і під час їхнього зберігання. Запобігти цьому процесу дає змогу використання зв'язувальних вологу наповнювачів, які виконують також функцію стабілізаторів структури. Найчастіше в молочній промисловості використовують пектини, карбоксиметилцелюлозу, карагінани, модифіковані крохмалі (як самостійно, так і у складі стабілізаційних систем)⁴.

Серед широкого спектра харчових добавок, що використовуються в сучасних технологіях харчових продуктів, особливе значення мають модифіковані крохмалі. Завдяки своїм функціонально-технологічним властивостям вони широко застосовуються як структуроутворювачі, загущувачі та стабілізатори в багатокомпонентних харчових системах. Модифіковані крохмалі характеризуються високою стабільністю під час зберігання та технологічної обробки. На відміну від нативних крохмалів, вони мають знижену схильність до ретроградації та синерезису, що сприяє збереженню стабільної структури готового продукту протягом тривалого часу. Наявність поперечних зв'язків у структурі окремих видів модифікованих крохмалів забезпечує їхню стійкість до дії підвищених температур, механічних навантажень та інших технологічних факторів, що позитивно впливає на термін придатності харчових продуктів⁵.

У технології кисломолочних продуктів крохмалі широко використовують як стабілізатори структури. Їх застосування сприяє запобіганню відокремленню сироватки, підвищенню в'язкості та поліпшенню консистенції готового продукту. Внесення оптимальної кількості крохмалю не чинить негативного впливу на смакові властивості продукції

⁴ Zhang S, Ren C, Wang C, Han R, Xie S. Effects of hydrocolloids and oleogel on techno-functional properties of dairy foods. *Food Chem X*. 2024. Vol. 21. Art. 101215.

⁵ Соломон, А. М., Новгородська, Н. В., Бондар, М. М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання : монографія. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2019.

та не перешкоджає процесам молочнокислого бродіння. Одночасно використання крохмалів дає змогу зменшити потребу в підвищенні вмісту сухих знежирених речовин молока, знижує ризик агрегації білків під час внесення фруктових наповнювачів та сприяє стабілізації структури молочного згустку після термічної обробки⁶.

Ефективна в'язкість молочно-овочевих сумішей є однією з найважливіших характеристик, яка обумовлює закономірності формування структури кисломолочних паст упродовж усього технологічного процесу. Для формування належних реологічних характеристик кисломолочних паст застосовують компоненти, які спроможні зв'язувати воду та структурувати багатокomпонентну систему. Із цією метою досліджено вплив стабілізаторів структури на реологічні властивості пасти кисломолочної з рослинними наповнювачами. Як стабілізатори структури використовували картопляний крохмаль (контроль) та модифіковані картопляні крохмалі LYCKEBY Volume C E1420, Microlys 52 E1442, CheesMaker BL 140. Співвідношення компонентів, що входять до складу кисломолочної пасти, наведено в таблиці 1. Як молочну основу використовували сир кисломолочний нежирний, отриманий роздільним способом, а також нежирний йогурт. Для надання продукту функціональних та органолептичних властивостей до складу кисломолочної пасти вводили рослинні наповнювачі – буряк і чорнослив.

Таблиця 1

Компонентний склад кисломолочної пасти з рослинними наповнювачами

Масова частка, %				
йогурт нежирний	сир кисломолочний нежирний	наповнювач (буряк та чорнослив)	структуроутворювач	сіль
59,2–54,8	30,0–32,0	10,0–12,0	0,5–0,7	0,3–0,5

На рис. 1 наведено динаміку зміни ефективної в'язкості контрольного і досліджуваних зразків. З аналізу даних видно, що комплексна взаємодія пектиновмісної овочевої сировини і модифікованих крохмалей (LYCKEBY Volume C E1420 та Microlys 52 E1442) у складі кисломолочної пасти дає змогу суттєво покращити в'язкісно-швидкісні характеристики сумішей, що підтверджується високим ступенем відновлення зруйнованої структури.

⁶ Jianwei Zang, Pinjian Xiao, Yuqin Chen, Zebo Liu, Daobang Tang, Yuanzhi Liu, Jiguang Chen, Yonggang Tu, Zhongping Yin. Hydrocolloid application in yogurt: Progress, challenges and future trends. *Food Hydrocolloids*. 2024. Vol. 153. Art. 110069.

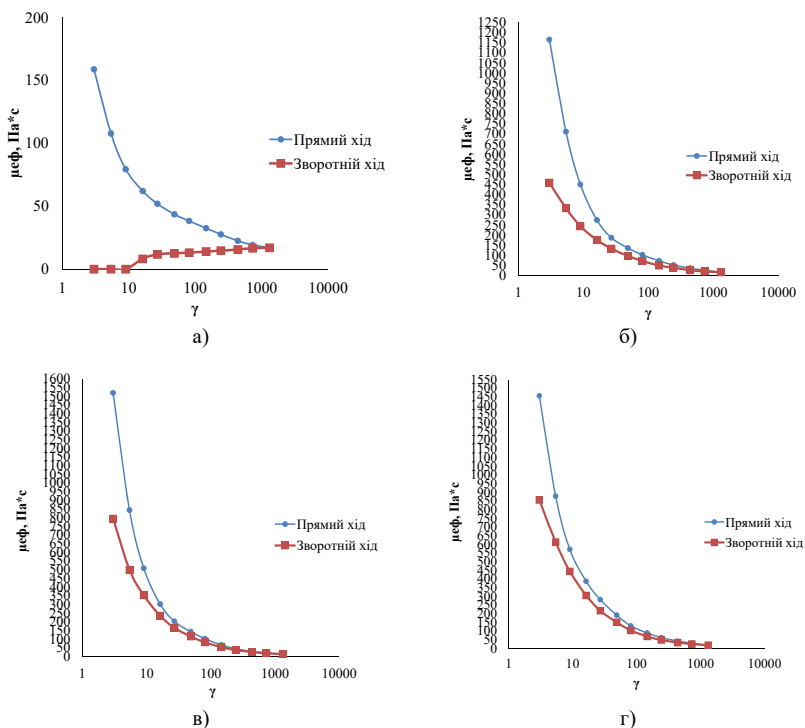


Рис. 1. Динаміка зміни ефективної в'язкості контрольного і досліджуваних зразків: а – контроль; б – зразок із застосуванням стабілізатора CheesMaker BL 140; в – зразок із застосуванням стабілізатора Microlys 52 E1442; г – зразок із застосуванням стабілізатора LYCKEBY Volume C E1420

Стійкість продукту до синерезису та рівень його в'язкості належать до дуже важливих показників якості, які впливають на стабільність структури кисломолочних паст і тривалість їх зберігання. Необхідно враховувати, що рослинні наповнювачі мають низьку кислотність, що може призвести до ущільнення сітки білкового гелю та порушення структури кисломолочних паст і виникнення синерезису. Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей кисломолочної пасти з різними видами модифікованого картопляного крохмалю (табл. 2).

Аналіз показника динамічної в'язкості свідчить, що додавання до складу кисломолочних паст модифікованих крохмалів забезпечує

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники кисломолочних паст, n = 3, P ≥ 0,95

Найменування показника	Контроль	Зразки із застосуванням стабілізатора		
		CheesMaker BL 140	Microlys 52 E1442	LYCKEBY Volume C E1420
В'язкість, Па·с	2,34±0,2	2,44 ± 0,2	2,43 ± 0,2	2,45 ± 0,2
Синерезис, см ³	0,1	—	—	—

отримання продукту стабільної якості. Отримані згустки мають щільну, однорідну, в'язку консистенцію. Додавання модифікованих крохмалів запобігає процесу синерезису через утворення колоїдних агрегатів між білками молока й молекулами гідроколоїдів.

За результатами органолептичних та фізико-хімічних досліджень доведено доцільність застосування модифікованих картопляних крохмалів LYCKEBY Volume C E1420 та Microlys 52 E1442 у складі кисломолочних паст, що забезпечує структурування сумішей у межах рекомендованих значень ефективної в'язкості та підвищує їхню тиксотропну здатність.

2. Формування реологічних властивостей кисломолочних паст із використанням крупи гречаної несмаженої

Поряд із використанням стабілізаторів, що являють собою високоочищені концентрати біополімерів, значний інтерес становить застосування натуральних компонентів із природними структурувальними та вологозв'язувальними властивостями для стабілізації харчових систем. Особливо перспективними є цільнозернові продукти та плодоовочева сировина, що містить структурувальні полісахариди та білки, здатні забезпечувати необхідні реологічні характеристики готових продуктів⁷.

Основна цінність більшості зернових продуктів полягає в тому, що вони містять значну кількість вуглеводів (злаки – понад 65%, бобові – понад 50%), переважно крохмалю, який міститься в ендоспермі зерна у вигляді крохмальних зерен різної величини і форми⁸.

Дослідження були спрямовані на оцінку стабілізуючої дії несмаженої гречаної крупи (*Fagopyrum esculentum Moench*), яка може бути використана як вологозв'язувальний та структуроутворювальний інгредієнт у виробництві кисломолочних паст. Харчові волокна та слиз гречки мають високу вологоутримувальну здатність. Традиційна технологія

⁷ Vojtíšková P., Švec P., Kubáň V., Krejzová E., Bittová M., Kráčmar S., Svobodová B. Chemical composition of buckwheat plant parts and selected buckwheat products. *Potravinářstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2014. Vol. 8 (1). P. 247–253.

⁸ Zhang L., Li Z. Functional Characteristics of Traditional buckwheat product. *Journal of Chinese Cereals and Oils Association*. 2009. Vol. 3. P. 53–57.

обробки гречаної крупи передбачає проведення гідротермічної обробки, а саме зволоження та пропарювання зерна під тиском 0,25–0,30 МПа за температури близько 100 °С протягом 3–5 хвилин. Після цього крупу висушують за температури 133–158 °С і тиску 0,2–0,5 МПа до досягнення вологості 12–14%. Така обробка забезпечує руйнування склеювальних речовин оболонки, інактивацію ферментів (ліпази та ліпоксигенази), які спричиняють окиснення та зіркнення жирів. Унаслідок цього суттєво уповільнюються процеси дихання зерна, підвищується еластичність плодових оболонок і міцність ядра. Разом із тим інтенсивна теплова обробка зумовлює клейстеризацію крохмалю, утворення декстринів, денатурацію білкових речовин і руйнування хлорофілу, що негативно впливає на структуроутворювальні та стабілізувальні властивості крупи⁹. З огляду на це для стабілізації кисломолочних систем доцільно використовувати несмажені зерна гречки. Додатковою перевагою такої сировини є слабо виражені смакові й ароматичні характеристики, що забезпечують можливість її ефективного застосування в технології молочних продуктів без істотного впливу на їхні органолептичні властивості¹⁰.

За результатами попередніх органолептичних та фізико-хімічних досліджень визначено сумісність несмаженої гречаної крупи з кисломолочною основою, виготовленою на базі м'якого дієтичного кисломолочного сиру. Дослідні зразки характеризувалися білим кольором із кремовим відтінком та однорідною консистенцією з наявністю відчутних частинок гречаної крупи. У процесі експериментальних досліджень встановлено недоцільність використання цілих зерен гречки, оскільки після теплової обробки формувалася неоднорідна консистенція з включеннями фрагментів нерозм'якшеної оболонки зерна. Крім того, для досягнення необхідного ступеня розварювання був потрібний тривалий час обробки – 30–40 хвилин. З огляду на це для подальших досліджень гречану крупу використовували в подрібненому стані. Визначено, що оптимальним співвідношенням гречаної крупи та молочної сироватки є 1 : 4. За збільшення частки сироватки консистенція суміші ставала надмірно рідкою через наявність надлишкової вологи. Натомість зі зменшенням кількості сироватки суміш набувала надмірної густоти та втрачала плинні властивості.

Встановлено, що активна кислотність гречано-сироваткового компонента залежала від співвідношення його складових. За співвідношень

⁹ Ikeda S., Kreft I., Asami Y., Mochida N., Ikeda K. Nutrition educational aspects on the utilization of some buckwheat foods *Fagopyrum*. *Food Chem.* 2008. Vol. 25. P. 57–64.

¹⁰ Gu, J., Hong, Y., Gu, Z. Study on Physico – chemical Properties of Buckwheat Starch. *Journal of Food and fermentation industries.* 2009. Vol. 30. P. 104–108.

крупы та сироватки 1 : 2 і 1 : 3 показник рН становив 4,7, за співвідношення 1 : 4 – 4,5, а за 1 : 6 – 4,3. Отримані значення відповідають діапазону активної кислотності, характерному для кисломолочних паст. Дослідження вологоутримувальної здатності показали, що зі збільшенням масової частки гречаної крупи від 4,8 до 7,2% цей показник зростає на 15,0%, тоді як з підвищенням вмісту крупи від 4,0 до 4,8% – на 6,0%. Одночасно спостерігалось зниження ступеня синерезису: за внесення 4,0% гречаної крупи він зменшувався на 1%, а за її вмісту 5,6–7,2% – на 2%.

Для реалізації поставленої мети було визначено оптимальні технологічні параметри підготовки крупи гречаної як структурувального компонента.

Для визначення оптимальних параметрів температурного оброблення гречаної крупи досліджували залежність вологоутримувальної здатності гречано-сироваткового компонента від температури процесу. Модельні зразки готували з несмаженої гречаної крупи та молочної сироватки у співвідношенні 1 : 4. Після внесення крупи в попередньо нагріту до 38–42 °С молочну сироватку суміш піддавали термічному обробленню в температурному інтервалі 60–95 °С з кроком 5 °С протягом 15 хв. Після охолодження до 18–22 °С визначали показник вологоутримувальної здатності отриманого структурованого компонента. Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Залежність вологоутримувальної здатності гречано-сироваткового компонента від температури оброблення

Назва показника	Температура, °С							
	60	65	70	75	80	85	90	95
Вологоутримувальна здатність, %	59	60	66	69	71	73	74	74

Аналіз отриманих результатів свідчить, що підвищення температури оброблення суміші сприяє збільшенню її вологоутримувальної здатності. Встановлено, що зі зростанням температури процесу покращується здатність системи зв'язувати й утримувати вологу. За температури 85 °С значення показника вологоутримувальної здатності досягало 73%, тоді як подальше підвищення температури супроводжувалося незначним його зростанням – приблизно на 1%. Отримані результати свідчать про те, що температура оброблення гречаної крупи повинна становити не менше ніж 85 °С. З урахуванням технологічної доцільності для подальших досліджень було вибрано температуру приготування гречаного структурованого компонента на рівні 85–90 °С.

Для визначення оптимальної тривалості процесу приготування гречано-сироваткового компонента досліджували вплив часу термічного оброблення на показники вологоутримувальної здатності (табл. 4) та граничного напруження зсуву за температури 85–90 °С (рис. 2).

Під час проведення експерименту молочну сироватку попередньо нагрівали до температури 38–42 °С, після чого за безперервного перемішування вносили несмажену гречану крупу у співвідношенні 1 : 4. Отриману суміш нагрівали до температури 85–90 °С і витримували протягом 5, 10, 15 та 20 хв залежно від варіанта досліді. Після завершення теплового оброблення гречано-сироватковий компонент охолоджували до температури 18–22 °С та визначали його структурно-механічні характеристики.

Таблиця 4

Залежність вологоутримувальної здатності гречано-сироваткового компонента від тривалості оброблення

Назва показника	Тривалість процесу, хв			
	5	10	15	20
Вологоутримувальна здатність, %	74	75	76	76

Найвищий показник вологоутримувальної здатності вже спостерігали в зразку з тривалістю обробки 15 хв – 76,0%. У зразку з тривалістю обробки крупи 20 хв показник вологоутримувальної здатності збільшився всього на 0,1%.

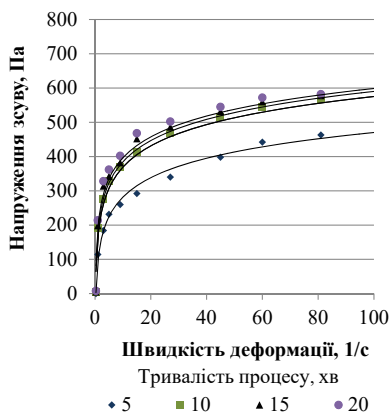


Рис. 2. Вплив тривалості оброблення гречано-сироваткового компонента на показник напруження зсуву

Максимальне значення граничного напруження зсуву було зафіксовано для зразка, який піддавали термічному обробленню протягом 15 хв. Водночас різниця між показниками зразків із тривалістю оброблення 10 та 15 хв була незначною, що свідчить про досягнення практично однакового рівня структуроутворення вже після 10 хв теплового впливу.

На підставі отриманих експериментальних даних встановлено оптимальні параметри підготовки несмаженої гречаної крупи як структуроутворювального компонента: температура оброблення – 85–90 °С, тривалість процесу – 10–15 хв. Результати досліджень підтвердили доцільність використання несмаженої гречаної крупи як функціонального інгредієнта у складі кисломолочних паст. Доведено оптимальне внесення крупи гречаної в кількості 5,0–6,0%, що забезпечує формування необхідних структурно-механічних властивостей готового продукту.

3. Формування реологічних властивостей сумішей морозива

Сучасні тенденції удосконалення технології та рецептур морозива спрямовані на покращення його органолептичних властивостей, зменшення виробничих витрат шляхом використання альтернативних видів сировини, а також розроблення нових продуктів спеціального призначення для споживачів з особливими харчовими потребами. Зростаючий попит на корисні та низькокалорійні десерти серед дітей і дорослих сприяв підвищенню популярності таких страв на ринку. Для задоволення потреб споживачів і стимулювання розвитку сегмента здорових десертів значна кількість підприємств харчової промисловості активно розширюють їх виробництво. Водночас підвищений інтерес до продуктів без доданого цукру став важливим чинником розвитку ринку корисних десертів, у тому числі морозива¹¹.

Результати досліджень свідчать, що повна заміна цукру та/або часткова заміна сухого знежиреного молочного залишку в рецептурі морозива крохмальною патокою, широко представленою на вітчизняному ринку, дає змогу не лише покращити поживну цінність і якість замороженого десерту завдяки зниженню його калорійності, а й частково вирішити проблему дефіциту молочної сировини¹².

Вивчено структурувальну здатність патоки з різним декстрозним еквівалентом у складі сумішей морозива вершкового й ароматичного із

¹¹ Akalın A.S., Karagözlü C., Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*. 2007. Vol. 227 (3). P. 889–895.

¹² Bass O., Polischuk G., Goncharuk E. Influence of sweeteners on rheological and qualitative indicators of ice cream. *Ukrainian Food Journal*. 2018. Vol. 7 (1). P. 41–53.

заміною цукру 50% та 100%. Ці системи вибрано як типові для двох груп морозива з принципово різним хімічним складом – на молочній основі та на основі цукрових сиропів. Масову частку підсолоджувачів у складі сумішей морозива різних видів (% за сухими речовинами) наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Вміст підсолоджувального компонента (%) у зразках сумішей морозива різних видів (за вмістом сухих речовин)

Вид підсолоджувача	Суміші вершкові							Суміші ароматичні						
	Номер зразка							Номер зразка						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Цукор	14,0	7,0	–	7,0	–	7,0	–	28,0	14,0	–	14,0	–	7,0	–
ІГ-42	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0	–	–	–	–
ГФС	–	–	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0	–	–
ПК	–	–	–	–	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0

Умовні позначення: ІГ-42 – глюкозна патока; ПК – крохмальна патока; ГФС – глюкозно-фруктозний сироп.

Ефективну в'язкість сумішей для виробництва морозива різного хімічного складу визначали за градієнта швидкості зсуву γ у діапазоні від 3 до 1312,2 с^{-1} під час прямого і зворотного ходу. Реологічні характеристики досліджуваних зразків наведено в таблиці 6.

Відповідно до результатів дослідження, для сумішей вершкового й ароматичного морозива контрольних зразків № 1 і № 8, а також для зразків із патоками ІГ-42 та ГФС (№ 2–7 і № 9–14) встановлено наявність тиксотропних властивостей. Для зазначених систем у процесі реологічних випробувань характерним є поступове руйнування вихідної структури, що супроводжується зниженням ефективної в'язкості (η_e) порівняно з її початковим значенням (η_1).

Водночас харчові системи, до складу яких входить карамельна патока (ПК) (зразки № 6, № 7, № 13 та № 14), характеризуються здатністю майже повністю відновлювати свою структуру після механічного впливу та проявляють слабо виражені реопексні властивості. Це підтверджується збільшенням значення ефективної в'язкості в режимі зворотного зменшення швидкості зсуву (η_e) відносно початкового показника (η_1). Крім того, виявлено суттєві відмінності у тривалості часу (τ), необхідного для досягнення системами стану рівноваги за максимальної швидкості зсуву.

Особливості руйнування структури досліджуваних харчових систем під час визначення ефективної в'язкості представлені на рис. 3 та рис. 4 на

Таблиця 6

**Реологічні характеристики досліджуваних зразків сумішей
із цукром та крохмальними патоками ($P \geq 0,95$; $n = 3$)**

№ зразка	η_1 ($\gamma = 3$), мПа*с	η_2 ($\gamma = 1312,2$), мПа*с	η_3 ($\gamma = 3$), мПа*с	τ ($\gamma = 1312,2$), с
Вершкові суміші				
1	896,9 ± 16,4	51,3 ± 1,5	782,1 ± 15,5	336 ± 15
2	907,6 ± 17,8	51,7 ± 1,6	808,4 ± 16,0	304 ± 12
3	919,1 ± 18,9	51,5 ± 1,6	819,5 ± 16,1	318 ± 13
4	793,5 ± 16,0	48,1 ± 1,2	674,4 ± 14,0	267 ± 10
5	759,9 ± 15,9	47,5 ± 1,1	628,9 ± 13,2	200 ± 8
6	967,6 ± 19,0	60,6 ± 1,7	1050,1 ± 23,0	425 ± 16
7	1095,3 ± 22,5	64,5 ± 1,9	1234,3 ± 22,1	440 ± 16
Ароматичні суміші				
8	252,3 ± 8,5	6,2 ± 1,9	193,5 ± 6,8	152 ± 7
9	269,8 ± 8,9	6,6 ± 2,1	204,9 ± 6,9	141 ± 6
10	288,6 ± 9,2	6,9 ± 2,1	217,5 ± 7,1	139 ± 5
11	206,4 ± 7,4	5,7 ± 1,9	182,3 ± 6,2	99 ± 5
12	191,5 ± 4,1	4,8 ± 1,7	160,4 ± 6,1	83 ± 3
13	299,1 ± 9,2	7,9 ± 2,0	342,0 ± 9,1	181 ± 8
14	323,6 ± 10,2	9,4 ± 1,3	384,5 ± 9,2	197 ± 9

Умовні позначення: η_1 – ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma = 3$, прямий хід вимірювання), η_2 – ефективна в'язкість зруйнованої структури ($\gamma = 1312,2$), η_3 – ефективна в'язкість відновленої структури ($\gamma = 3$, зворотний хід вимірювання) τ – час, необхідний для встановлення стану рівноваги за максимальної швидкості зсуву.

прикладі сумішей вершкового й ароматичного морозива з повною заміною цукру крохмальною патокою.

Результати досліджень показали, що використання карамельної патоки сприяє підвищенню ефективної в'язкості сумішей та покращує їх здатність до відновлення структури після механічного руйнування. Така властивість є особливо важливою на стадії формування порцій м'якого морозива перед процесом загартування. Імовірно, зазначений ефект пов'язаний із наявністю у складі карамельної патоки поліцукрів.

Разом із тим встановлено, що суміші з карамельною патокою характеризуються вищими значеннями ефективної в'язкості порівняно з контрольними зразками. Це може негативно позначатися на процесі збивання та сприяти формуванню надмірно щільної структури готового морозива. З огляду на суттєвий вплив низькооцукреної патоки на

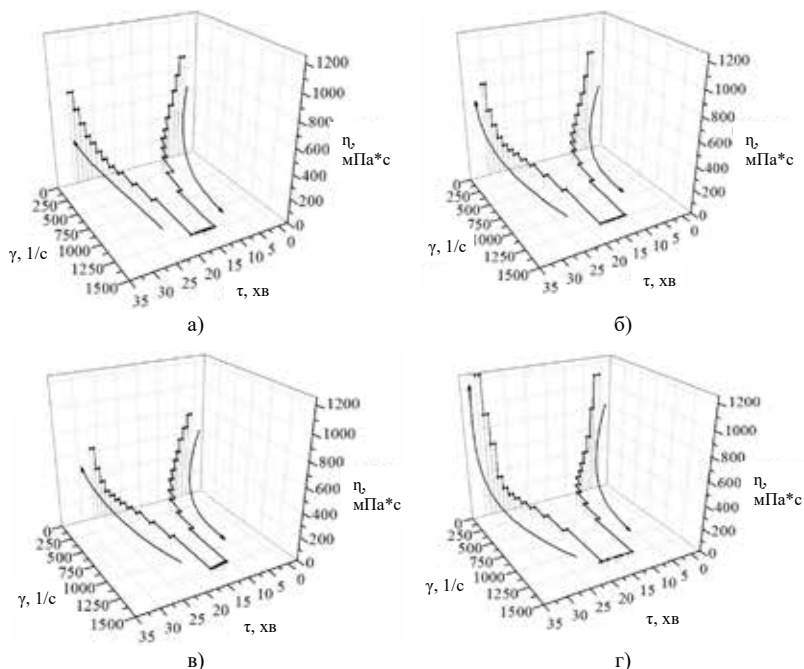


Рис. 3. Динаміка зміни ефективної в'язкості зразків сумішей вершкових із цукром (а) та повною заміною цукру на ГФС (б), ГФС (в) та ПК (г) за різної швидкості зсуву

реологічні характеристики сумішей повна заміна цукру карамельною патокою є недоцільною.

Часткова або повна заміна цукру глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС) призводить до зменшення в'язкості сумішей та зниження їх здатності до відновлення структури порівняно з контрольним зразком. Такий вплив можна пояснити значним вмістом моносахаридів у складі ГФС. На відміну від зразків із карамельною патокою, харчові системи з переважанням моносахаридів не забезпечують достатнього рівня структуроутворення. Крім того, використання лише глюкозно-фруктозного сиропу може спричиняти надмірну солодкість морозива та знижувати його стійкість до танення. Отже, як надлишок, так і дефіцит полісахаридів у складі патоки негативно впливають на процеси формування та стабілізації структури продукту. Отримані результати свідчать про доцільність поєднання низько- та високоцукрених патонок, оскільки це дає змогу ефективно

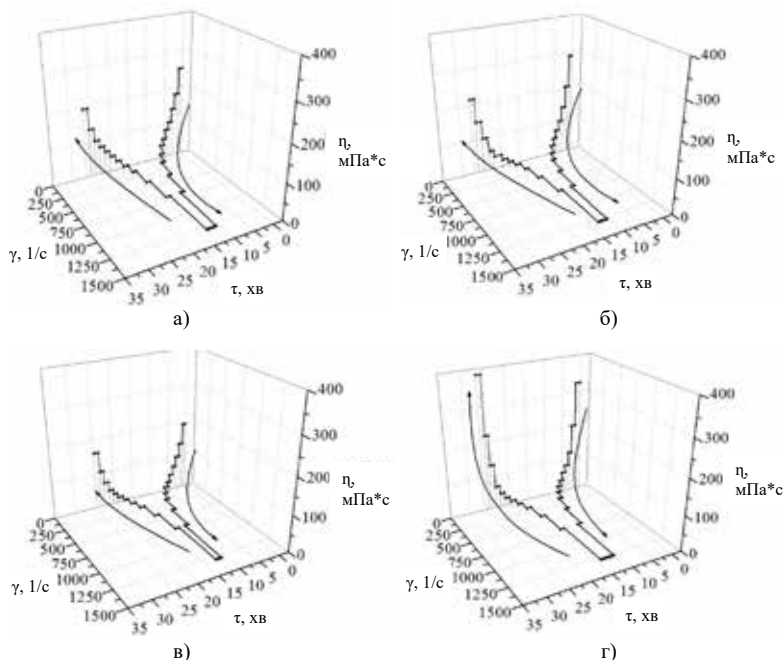


Рис. 4. Динаміка зміни ефективної в'язкості зразків сумішей морозива ароматичного із цукром (а) і повною заміною цукру на ІГ-42 (б), ГФС (в) та ПК (г) за різної швидкості зсуву

використовувати їх функціонально-технологічні властивості для оптимізації рецептури морозива й досягнення максимального технологічного ефекту. Встановлена здатність сумішей із патоками до відновлення структури після механічного руйнування має важливе практичне значення. Зокрема, ця властивість може підвищувати ефективність процесів формування та дозування порцій морозива під час його виробництва на потокових екструзійних лініях.

Застосування поліолів як альтернативних підсолоджувачів у виробництві різних видів морозива сприяє розширенню асортименту продукції зі зниженою калорійністю та низьким глікемічним індексом. Завдяки вираженим кріопротекторним властивостям ці сполуки позитивно впливають на консистенцію морозива, а їхні специфічні смакові характеристики покращують сприйняття солодкості й аромату готового продукту.

Рациональне поєднання різних заміників цукру з урахуванням їхнього хімічного складу та технологічних особливостей дає змогу цілеспрямовано регулювати фізико-хімічні властивості сумішей для виробництва морозива й оптимізувати якість кінцевого продукту. У зв'язку з цим актуальним є дослідження можливостей і умов використання таких заміників цукру як перспективних рецептурних інгредієнтів із технологічно-функціональними властивостями у виробництві морозива.

З метою дослідження впливу поліолів на в'язкісні характеристики сумішей морозива різних видів у його складі цукор повністю замінювали на поліоли – еритритол, ізомальт та сорбіт. За контроль для зразків морозива вершкового вибрано типову класичну рецептуру (м. ч. ж. – 10%, м. ч. СЗМЗ – 10%, м. ч. цукру – 14%). Для дослідження морозива на основі цукрових сиропів за контрольний зразок вибрано суміш ароматичну (масова частка цукру 28%). Масову частку підсолоджувачів у складі морозива наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Вміст підсолоджувального компонента (%) у зразках сумішей морозива різних видів (за вмістом сухих речовин)

Вид підсолоджувача	Суміші вершкові							Суміші ароматичні						
	Номер зразка							Номер зразка						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Цукор	14,0	7,0	–	7,0	–	7,0	–	28,0	14,0	–	14,0	–	7,0	–
Еритритол	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0	–	–	–	–
Ізомальт	–	–	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0	–	–
Сорбітол	–	–	–	–	–	7,0	14,0	–	–	–	–	–	14,0	28,0

Реологічні характеристики досліджуваних зразків наведено в таблиці 8.

Таблиця 8

Реологічні характеристики досліджуваних зразків сумішей із цукром та поліолами ($P \geq 0,95$, $n = 3$)

№ зразка	$\eta_i (\gamma = 3)$, мПа*с	$\eta_e (\gamma = 1312,2)$, Па*с	$\eta_s (\gamma = 3)$, мПа*с	$\tau (\gamma = 1312,2)$, с
1	2	3	4	5
Суміші вершкові				
1	$896,9 \pm 16,4$	$51,3 \pm 1,5$	$782,1 \pm 15,5$	336 ± 15
2	$857,4 \pm 16,1$	$51,2 \pm 1,5$	$575,3 \pm 12,1$	342 ± 16
3	$815,4 \pm 15,2$	$34,9 \pm 1,4$	$381,5 \pm 10,0$	351 ± 15
4	$854,3 \pm 16,0$	$41,5 \pm 1,4$	$552,7 \pm 11,8$	324 ± 13
5	$798,5 \pm 14,5$	$32,3 \pm 1,3$	$321,2 \pm 11,0$	312 ± 11

Продовження таблиці 8

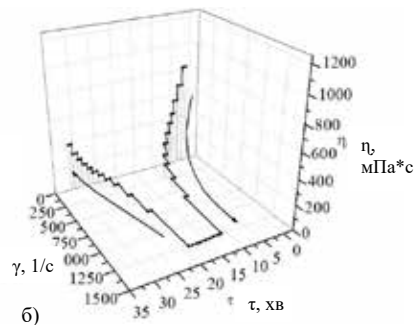
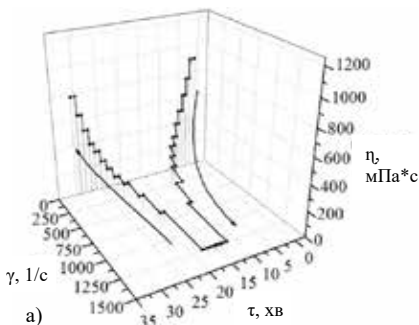
1	2	3	4	5
6	864,417,6	$38,8 \pm 1,5$	$752,3 \pm 16,0$	392 ± 14
7	$616,8 \pm 18,4$	$39,8 \pm 1,2$	$344,5 \pm 14,5$	404 ± 16
Суміші ароматичні				
8	$252,3 \pm 8,5$	$6,2 \pm 1,9$	$193,5 \pm 6,8$	152 ± 7
9	$201,8 \pm 8,2$	$6,0 \pm 1,1$	$164,2 \pm 5,5$	163 ± 2
10	$181,4 \pm 8,7$	$6,0 \pm 0,9$	$148,4 \pm 5,5$	170 ± 6
11	$221,2 \pm 8,0$	$6,0 \pm 1,7$	$169,3 \pm 5,1$	163 ± 4
12	$177,3 \pm 6,1$	$5,9 \pm 1,5$	$145,2 \pm 4,8$	185 ± 6
13	$202,4 \pm 6,5$	$5,5 \pm 1,4$	$167,5 \pm 4,9$	167 ± 5
14	$162,5 \pm 5,0$	$5,0 \pm 1,0$	$142,4 \pm 4,7$	172 ± 7

Умовні позначення: η_1 – ефективна в'язкість практично незруйнованої структури ($\gamma = 3$, прямий хід вимірювання), η_2 – ефективна в'язкість зруйнованої структури ($\gamma = 1312,2$), η_3 – ефективна в'язкість відновленої структури ($\gamma = 3$, зворотний хід вимірювання), τ – час, необхідний для встановлення стану рівноваги за максимальної швидкості зсуву.

Характер руйнування структури досліджуваних харчових систем у процесі вимірювання ефективної в'язкості на прикладі сумішей вершкових і ароматичних із повною заміною цукру на поліюли наведено на рис. 5 та 6.

Тиксотропні властивості виявлено для всіх досліджуваних зразків сумішей морозива. Водночас повна заміна цукру на поліюли максимально знижує не тільки ефективну в'язкість сумішей, але і їх здатність до відновлення їх структури.

Результати досліджень показали, що для контрольної вершкової суміші морозива ступінь відновлення структури становить близько 87%, тоді як



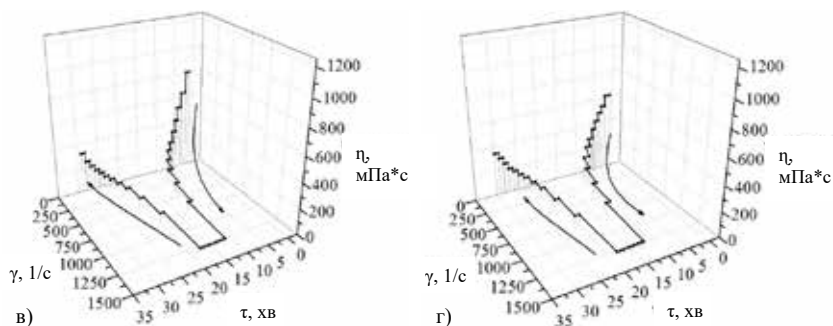


Рис. 5. Динаміка зміни ефективної в'язкості сумішей морозива вершкового із цукром (а) та еритритолом (б), ізомальтом (в) і сорбітолом (г) за різної швидкості зсуву

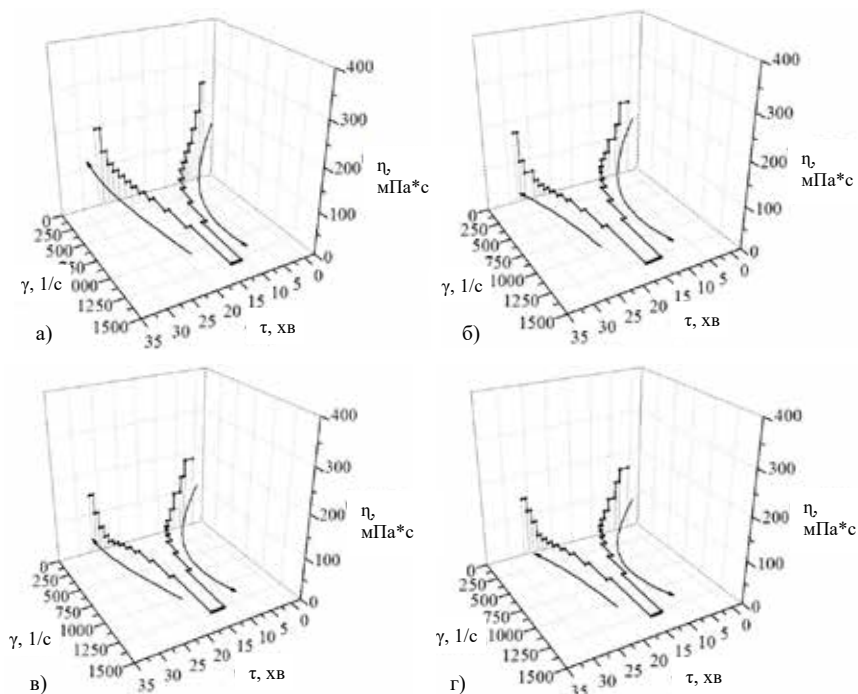


Рис. 6. Динаміка зміни ефективної в'язкості сумішей морозива ароматичного із цукром (а) та з еритритолом (б), ізомальтом (в) і сорбітолом (г) за різної швидкості зсуву

у зразках із повною заміною цукру поліолами цей показник знижується до 40–55%. За таких умов під час формування порцій, особливо на поточкових екструзійних лініях, морозиво може швидко втрачати задану форму внаслідок надмірно м'якої консистенції та підвищеної схильності до деформації.

Для ароматичного морозива найнижчі значення ефективної в'язкості також характерні для зразків, у рецептурі яких цукор повністю замінено поліолами. При цьому ступінь відновлення структури під час зниження швидкості зсуву був вищим, ніж у вершкових сумішах, і становив приблизно 81–88%, що, ймовірно, пов'язано з їх нижчими в'язкісними характеристиками.

Таким чином, використання поліолів призводить до зменшення в'язкості сумішей морозива незалежно від їх хімічного складу, що може негативно впливати на структурно-механічну стійкість дисперсної системи типу «повітря в рідині». Тому в разі повної заміни цукру поліолами для забезпечення стабільності пінної структури морозива доцільним є додаткове введення ефективних структуроутворювальних компонентів.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень встановлено, що формування структурно-механічних властивостей молочних продуктів є багатофакторним процесом, який визначається хімічним складом сировини, природою рецептурних компонентів та режимами технологічної обробки. Реологічна поведінка досліджуваних систем підтверджує їх належність до складних неньютонівських структур, у яких стабільність консистенції забезпечується рівновагою між руйнуванням і відновленням внутрішньої структури.

Доведено, що використання функціональних інгредієнтів дає змогу цілеспрямовано регулювати властивості дисперсних молочних систем. Застосування модифікованих крохмалів LYCKEBY Volume C E1420, Microlys 52 E1442 і рослинної сировини забезпечує підвищення в'язкості, формування однорідної структури, покращення тиксотропних характеристик і зниження явища синерезису, що є критично важливим для стабільності кисломолочних продуктів.

Встановлено, що гречана крупа несмажена як природний структуроутворювач за оптимального співвідношення з молочною сироваткою (1 : 4), за умови термічної обробки 85–90 °C тривалістю 10–15 хв, забезпечує формування стабільної реологічної системи

з підвищеною вологоутримувальною здатністю та регульованими структурно-механічними властивостями. Це підтверджує доцільність її використання у функціональних кисломолочних пастах.

У технології морозива доведено, що заміна цукру різними підсолоджувачами суттєво впливає на баланс між в'язкістю, структуроутворенням і стабільністю пінної системи. Карамельна патока інтенсифікує структуроутворення, але може ускладнювати технологічну обробку; глюкозо-фруктозний сироп знижує в'язкість і стабільність; поліоли змінюють реологічні характеристики та потребують додаткового введення структуроутворювачів. Найбільш збалансовані властивості досягаються завдяки комбінованому використанню різних типів підсолоджувачів.

Отримані результати формують наукове підґрунтя для вдосконалення технологій молочних продуктів із заданими структурно-функціональними властивостями та можуть бути використані для покращення якості, стабільності, споживчих властивостей.

АНОТАЦІЯ

У роботі наведено результати досліджень реологічних і структурно-механічних властивостей молочних продуктів з різними типами дисперсних систем. Розглянуто ефективність використання модифікованих картопляних крохмалів та несмаженої гречаної крупи як структуроутворювальних інгредієнтів у кисломолочних пастах, встановлено їх позитивний вплив на в'язкість, тиксотропні властивості, вологоутримувальну здатність та запобігання синерезису. Обґрунтовано раціональні технологічні параметри їх застосування, що забезпечують формування стабільної однорідної структури продукту.

Окремо проаналізовано реологічну поведінку сумішей для морозива залежно від типу заміників цукру. Показано, що карамельна патока підвищує в'язкість і структурну стабільність, глюкозо-фруктозний сироп знижує ці показники, а поліоли змінюють баланс структуроутворення та потребують додаткових стабілізаторів. Встановлено доцільність комбінованого використання різних підсолоджувачів для оптимізації реологічних властивостей і підвищення якості морозива.

Отримані результати свідчать про можливість цілеспрямованого регулювання структурно-механічних характеристик молочних систем шляхом підбору функціональних інгредієнтів, що має практичне значення для вдосконалення технологій кисломолочних продуктів і морозива.

Література

1. Morison K. R., Phelan J. P., Bloore C. G. Viscosity and Non-Newtonian Behaviour of Concentrated Milk and Cream. *International Journal of Food Properties*. 2013. Vol. 16 (4). P. 882–894. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.573113>.
2. Didem Sözeri Atik, Hale İnci Öztürk, Nihat Akin. Perspectives on the yogurt rheology. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. Vol. 263 (2). Art. 130428. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130428>.
3. Kochubei-Lytvynenko O., Yatsenko O., Yushchenko N., Kuzmyk U. A stabilizing system for butter pastes based on the dry concentrates of milk protein. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5. No. 11 (95). P. 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143105>.
4. Zhang S, Ren C, Wang C, Han R, Xie S. Effects of hydrocolloids and oleogel on techno-functional properties of dairy foods. *Food Chem X*. 2024. Vol. 21. Art. 101215. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101215.
5. Соломон А. М., Новгородська Н. В., Бондар М. М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання : монографія. Вінниця : PBB BHAУ, 2019.
6. Jianwei Zang, Pinjian Xiao, Yuqin Chen, Zebo Liu, Daobang Tang, Yuanzhi Liu, Jiguang Chen, Yonggang Tu, Zhongping Yin. Hydrocolloid application in yogurt: Progress, challenges and future trends. *Food Hydrocolloids*. 2024. Vol. 153. Art. 110069. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110069>.
7. Vojtišková P., Švec P., Kubáň V., Krejzová E., Bittová M., Kráčmar S., Svobodová B. Chemical composition of buckwheat plant parts and selected buckwheat products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2014. Vol. 8 (1). P. 247–253. <https://doi.org/10.5219/385>.
8. Zhang L., Li Z. Functional Characteristics of Traditional buckwheat product. *Journal of Chinese Cereals and Oils Association*. 2009. Vol. 3. P. 53–57.
9. Ikeda S., Kreft I., Asami Y., Mochida N., Ikeda K. Nutrition educational aspects on the utilization of some buckwheat foods Fagopyrum. *Food Chem*. 2008. Vol. 25. P. 57–64.
10. Gu J., Hong Y., Gu Z. Study on Physico – chemical Properties of Buckwheat Starch. *Journal of Food and fermentation industries*. 2009. Vol. 30. P. 104–108.
11. Akalin A.S., Karagözlü C., Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*. 2007. Vol. 227 (3). P. 889–895. DOI: 10.1007/s00217-007-0800-z.

12. Bass O., Polischuk G., Goncharuk E. Influence of sweeteners on rheological and qualitative indicators of ice cream. *Ukrainian Food Journal*. 2018. Vol. 7 (1). P. 41–53.

Information about the authors:

Osmak Tetiana Hryhorivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Milk
and Dairy Product Technology
National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, Ukraine

Bandura Uliana Hennadiivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Milk
and Dairy Product Technology
National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, Ukraine

Bass Oksana Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Milk
and Dairy Product Technology
National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, Ukraine

07

SECTION



RESOURCE- EFFICIENT AND CIRCULAR TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ М'ЯТИ ПЕРЦЕВОЇ (MENTHA PIPERITA L.) ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СУШАРКИ

Дабіжа Н. О., Дмитренко Н. В., Малащук Н. С.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-21>

ВСТУП

В умовах сучасності на світовому ринку продуктів рослинного походження наявний підвищений попит на лікарську та ароматичну сировину, яка є складником продукції фармацевтичного, парфумерно-косметичного, харчового виробництв. Так, у харчовій індустрії потреба в цій сировині у світі за останні 10 років збільшилася практично в 6 разів, а обсяги виробництва з неї приправ, ароматизаторів, барвників тощо зростають щорічно на 20...30%¹. За оцінками експертів, близько 25% лікарських засобів, що застосовують у світовій медичній практиці, отримують безпосередньо з лікарської рослинної сировини. Зміщення пріоритетів у бік використання лікарських і ефіроолійних рослин пов'язано з їхньою високою біологічною активністю, антиоксидантними, бактерицидними властивостями, що актуально у сучасному світі для захисної, антимутагенної, імуномодельючої дії на організм людини. Отже, для досягнення сталого розвитку лікарське та ефіроносне рослинництво відіграє важливу роль у світовій економіці та фактично стало окремим напрямом підприємницької діяльності. Україна є потужним виробником лікарської та ефіроносної рослинної сировини, яку заготовляють близько 200 тис. тонн на рік².

Свіжозібрана рослинна сировина містить (85...90)% води, через високий вміст вологи розмножуються мікроорганізми та відбуваються біохімічні реакції, що призводить до погіршення якості, тому безпечне зберігання свіжих рослин протягом тривалого часу неможливе. Важливим

¹ Sniezhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. Т. 43. № 4. С. 7–16. DOI: 10.31472/ttpe.4.2021.1.

² Товарознавство та інноваційні технології переробки лікарсько-технічної рослинної сировини : навчальний посібник / Павлюк Р. Ю. та ін. Харків : ХГУПТ, 2013. 429 с.

етапом у процесі заготівлі лікарських та ефіроолійних рослин є сушіння, яке запобігає псуванню сировини та збільшує термін зберігання висушеної трави^{3, 4}.

Сушіння лікарських і ефіроолійних трав здійснюється природним повітряно-тіньовим способом або нагрітим повітрям у сушильних установках. Під час природного сушіння процес зневоднення суттєво залежить від тепловологісних параметрів атмосферного повітря, які в нестабільних кліматичних умовах України змінюються в широкому діапазоні, що не дозволяє проводити зневоднення у сталих оптимальних умовах і призводить до неможливості одержати кінцевий продукт з необхідними якісними показниками. Сушіння нагрітим повітрям має низку переваг: у сушарках можна регулювати температурний режим процесу, швидкість та вологовміст сушильного агента. Організація контрольованого процесу сушіння дозволяє реалізувати оптимальні з точки зору збереження біологічно активних речовин рослинної сировини режими⁵. Для більш ефективного та контрольованого сушіння лікарських та ефіроолійних рослин натеper з'явилися нові методи сушіння, які забезпечують можливість зберігання насамперед ефірних олій та підвищення стабільності висушеного продукту^{6, 7, 8}. До цих методів належать такі як гібридне сонячне сушіння, сублімаційне сушіння, мікрохвильове сушіння, мікрохвильове вакуумне сушіння, сушіння за допомогою інфрачервоного випромінювання, сушіння тепловим насосом та надкритичне сушіння CO₂, а також гібридні методи сушіння.

Водночас сушіння є найбільш енергоємним процесом серед основних промислових процесів, на який припадає від 12 до 20% від загального

³ Chakraborty R., Tilottama D. Drying protocols for traditional medicinal herbs: A Critical Review. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*. 2016. Vol. 4. No. 4. P. 312–319.

⁴ Nakra S., Tripathy S., Srivastav P. P. Drying as a preservation strategy for medicinal plants: Physicochemical and functional outcomes for food and human health. *Phytomedicine Plus*. 2025. Vol. 5. No. 2. Article 100762. DOI: 10.1016/j.phyplu.2025.100762.

⁵ Thamkaew G., Sjöholm I., Galindo F. G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61. No. 11. P. 1763–1786. DOI: 10.1080/10408398.2020.1765309.

⁶ Sniezhkin Yu. Energy-efficient dryers developed at the Institute of engineering thermophysics of NAS of Ukraine. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2025. Vol. 50. No. 4. P. 5–17. DOI: 10.31472/ttpe.4.2025.1.

⁷ Nurhaslina C. R., Bacho S. A., Mustapa A. N. Review on drying methods for herbal plants. *Materials Today : Proceedings*. 2022. Vol. 63. P. S122–S139. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.02.052.

⁸ Eapen A. S., Bhosale Y. K., Roy S. A review on novel techniques used for drying medicinal plants and its applications. *International Journal of Biomaterials*. 2025. Article ID 4533070. 21 p. DOI: 10.1155/ijbm/4533070.

споживання енергії у виробничому секторі⁹, та має, відповідно, високий вуглецевий слід. Підвищення енергоефективності процесу сушіння та сушильних установок сприяє сталому розвитку з точки зору глобальної енергетичної перспективи.

Однією з широко використовуваних лікарських ефіроолійних культур є м'ята перцева (*Mentha piperita* L.). Слід зазначити, що світове виробництво м'яти перцевої становило у середньому 105 038 т у 2015–2018 рр., у тому числі у Східній Європі – 176 т¹⁰.

М'ята перцева – швидкопсувна сезонна рослина, щоб зробити м'яту доступною для використання протягом усього року, її необхідно зберегти. Найкращим способом збереження є конвективне низькотемпературне сушіння, під час якого зменшення вологовмісту матеріалу дозволяє досягти на поверхні рослини такого рівня активності води, за якого унеможливаються мікробне псування та будь-які біохімічні реакції.

Метою дослідження є вивчення кінетики процесу зневоднення м'яти перцевої, розроблення енергоефективних режимів сушіння, за яких забезпечуються мінімальні питомі витрати енергії та максимальне збереження ефірних олій, вибір та вдосконалення сушильної установки.

Методологія дослідження ґрунтується на комплексному підході, який поєднує всебічне дослідження властивостей м'яти перцевої як об'єкта сушіння для визначення режимів зневоднення із мінімальними втратами ефірних олій з обґрунтуванням методу інтенсифікації та вибором способу сушіння.

Для досягнення поставленої мети проведені дослідження, що спрямовані на вибір гранично допустимої температури нагріву матеріалу, визначення сорбційних властивостей м'яти перцевої та питомих витрат енергії на її зневоднення, а також вивчена кінетика сушіння за різних тепловолігісних параметрів сушильного агента.

1. Характеристика м'яти перцевої як об'єкта сушіння

М'ята перцева (*Mentha piperita* L.) є відомою лікарською ефіроолійною культурою, яку широко застосовують завдяки корисним властивостям і терапевтичній дії на організм людини. М'ята перцева є джерелом одержання аптечного листя та ефірної олії, а також її компонентів, зокрема ментолу, що використовуються у хіміко-фармацевтичній,

⁹ Eapen A. S., Bhosale Y. K., Roy S. A review on novel techniques used for drying medicinal plants and its applications. *International Journal of Biomaterials*. 2025. Article ID 4533070. 21 p. DOI: 10.1155/ijbm/4533070.

¹⁰ FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата звернення: 23.02.2026).

парфумерно-косметичній, кондитерській, харчовій, лікєро-горілочній, тютюновій промисловостях та медицині¹¹.

Листя м'яти здебільшого споживають у свіжому або сушеному вигляді як ароматизатор у різних видах харчових продуктів, у чайних напоях. У медицині м'ята перцева визнана у світі насамперед своїми антимікробними та антиоксидантними властивостями, також широко відомі такі її лікувальні властивості, як протівірусні, антибактеріальні, протизапальні, протигрибкові, протиастматичні, алопатичні, спазмолітичні, антисептичні тощо¹². Завдяки комплексу біологічно активних речовин м'ята перцева входить до складу багатьох фармацевтичних препаратів, для виготовлення яких використовують траву, листя та ефірну олію. Так, в Україні сировина м'яти перцевої як інгредієнт чи основний компонент входить до складу 63 лікарських засобів¹³.

Основним активним компонентом м'яти перцевої є ефірна олія – багатокомпонентна суміш летких органічних сполук, концентрація якої в листках м'яти коливається від 1,2% до 4,8%, а у суцвіттях досягає 6%¹⁴. У стеблах ефірна олія майже відсутня. До складу ефірної олії м'яти перцевої входять ментол (30...55)%, ментон (14...32)%, ізоментон (2...10)%, 1,8–цинеол (6...14)%, α -пінен (1,0...1,5)%, β -пінен (1...2)%, лімонен (1...5)%, неоментол (2,5...3,5)%, ментофуран (1...9)%, ментил ацетат (2,8...10,0)%, пулегон (максимум 4,0%), карвон (до 1,0%), ізопулегон (до 0,2%)¹⁵. Інші групи біологічно активних речовин м'яти перцевої – флавоноїди (гесперидин, антоціанідини), дубильні речовини (6...12)%, тритерпеноїди (урсолова та олеанолова кислоти), бетаїн, каротиноїди¹⁶. Також м'ята є багатим джерелом мінералів, таких як Na, Mg, K, Ca, Cr, Fe, Co, Cu, Zn і Se¹⁷.

¹¹ Nayak P., Kumar T., Gupta A. K., Joshi N. U. Peppermint a medicinal herb and treasure of health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9. No 3. P. 1519–1528. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i3y.11525.

¹² Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків : Прапор НФАУ, 2000. 704 с.

¹³ Мінарченко В. М., Бутко А. Ю. Дослідження вітчизняного ринку лікарських засобів рослинного походження. *Фармацевтичний журнал*. 2017. № 1. С. 30–36. DOI: 0.32352/0367-3057.1.17.04.

¹⁴ Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків : Прапор НФАУ, 2000. 704 с.

¹⁵ European Pharmacopoeia. 8th edition (Ph. Eur. 8). Strasbourg : Council of Europe, 2014. P. 275–276, 1232–1234, 1350–1352, 1369–1370.

¹⁶ Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків : Прапор НФАУ, 2000. 704 с.

¹⁷ Nayak P., Kumar T., Gupta A. K., Joshi N. U. Peppermint a medicinal herb and treasure of health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 1519–1528. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i3y.11525.

Леткі ароматичні сполуки є найбільш чутливими компонентами в процесі сушіння ефіроолійної сировини, змінювання концентрації яких залежить від способу сушіння, параметрів зневоднення (температури, швидкості повітря), тривалості процесу, а також від вологовмісту, сорту і віку рослини та інших чинників.

Ефірна олія в ефіроносній траві знаходиться на поверхні листя в ефіроолійних залозах (трихомах)¹⁸. У разі високої температури сушіння трихоми можуть розірватися, що призведе до втрати летких сполук через випаровування. Тому збереження цілісності трихоми або мінімізація її пошкодження під час сушіння сприяє утриманню ефірних олій у сушеній траві.

Найважливішу роль у збереженні летких сполук сушених трав під час сушіння відіграє температура сушильного агента. Застосування зависокої температури сушіння зазвичай призводить до втрати летких сполук, а також до зміни концентрації та складу ефірних олій, що різко погіршує аромат та смак. Для визначення гранично допустимої температури сушіння ефіроолійної сировини проаналізовані експериментальні дані щодо впливу температури на вміст ароматичних речовин. Наприклад, дослідження впливу сушіння на вміст ефірної олії в листках меліси¹⁹ показали, що втрати ефірної олії пропорційні температурі сушіння (16%, 23% та 65% у разі 30°C, 45°C та 60°C відповідно), а виражені зміни складу основних компонентів ефірної олії відбуваються за 60°C. У дослідженні²⁰ вивчений вплив різних температур сушіння на кількість та якість ефірних олій м'яти перцевої. Зазначено, що з підвищенням температури сушіння різко знижується вміст ефірної олії (% об./мас.) з 1,0% у разі 40°C до 0,14% у разі 60°C і 0,12% у разі 80°C. Значне зменшення кількості ефірної олії під час сушіння відбувається у багатьох видах трав: на (36...45)% у базиліку, на (23...33)% у майорані та на (6...17)% у материнці²¹. Добре корелюють з вище наведеними даними отримані в ІТТФ НАНУ результати дослідження впливу температури зневоднення на число аромату м'яти

¹⁸ Thamkaew G., Sjöholm L., Galindo F. G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61. No. 11. P. 1763–1786. DOI: 10.1080/10408398.2020.1765309.

¹⁹ Nayak P., Kumar T., Gupta A. K., Joshi N. U. Peppermint a medicinal herb and treasure of health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9. No 3. P. 1519–1528. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i3y.11525.

²⁰ Blanco M. C. S. G., Ming L. C., Marques M. O. M., Bovi O. A. Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition. *Acta Horticulturae*. 2000. Vol. 569. P. 95–98.

²¹ Chakraborty R., Tilottama D. Drying protocols for traditional medicinal herbs: A Critical Review. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*. 2016. Vol. 4. No. 4. P. 312–319.

і чабера²². Виявлено, що підвищення температури теплоносія з 40 °С до 60 °С призводить до втрати аромату сушеної м'яти на 20%, а чабера – на 29%. Подальше підвищення температури сушіння на 20 °С призводить до ще більших втрат – 42% і 61% відповідно. У статті²³ наведені результати дослідження впливу температури сушіння і швидкості повітря на вміст ефірних олій у листках м'яти водяної. Експеримент проводився за трьох температур сушильного агента – 40 °С, 50 °С і 60 °С і його швидкості 1 м/с і 2 м/с. Найвищий вміст ефірної олії (1,33% об./мас.) спостерігався за температури 40 °С і швидкості 1 м/с. Збільшення температури і швидкості теплоносія призводили до значних втрат ефірних олій.

Таким чином, вибір параметрів процесу зневоднення м'яти перцевої як ефіроолійної рослини насамперед визначається термочутливістю ефірних олій: для запобігання втрат летких речовин гранично допустима температура матеріалу не повинна перевищувати (35...40) °С під час сушіння нагрітим повітрям у шарі. Також рекомендується сушити м'яту в товстому шарі. Бажано, щоб процес сушіння був затягнутий у часі, це пов'язано з тим, що під час зневоднення в рослинній сировині триває процес біогенезу і накопичення ефірної олії²⁴.

Отже, з характерних особливостей м'яти перцевої як об'єкта сушіння насамперед необхідно виділити термочутливість летких речовин ефірної олії і високий початковий вологовміст. У зв'язку з тим, що тривала теплова дія негативно позначається на якості висушеної трави під час розроблення режимів зневоднення м'яти перцевої основний акцент повинен робитися на використання низьких температур і скорочення тривалості процесу.

2. Матеріали та методи

Під час проведення досліджень використовувалась свіжа трава м'яти перцевої (*Mentha piperita* L.), придбана у місцевого виробника в Україні.

Вміст вологи в досліджуваному матеріалі визначали за ДСТУ 7804:2015 шляхом сушіння зразків у бюксах до постійної маси у сушильній шафі з температурою (100...105) °С, фіксуючи масу бюкси з навішенням до висушування m_1 , масу бюкси з навішенням після висушування m_2 , масу пустої бюкси m_0 .

²² Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Ільєнко О. О., Ловейко В. О. Сушіння м'яти на конвективних сушильних установках. *Харчова промисловість*. 2010. Вип. 9. С. 168–170.

²³ Karami H., Rasekh M., Darvishi Y., Khaledi R. Effect of drying temperature and air velocity on the essential oil content of *Mentha aquatica* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2017. Vol. 20. No. 4. P. 1131–1136. DOI: 10.1080/0972060X.2017.1371647.

²⁴ Sniezhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. T. 43. No. 4. C. 7–16. DOI: 10.31472/ttpe.4.2021.1.

Під час вирішення задач, що пов'язані зі змінюванням кількості вологи в матеріалі в процесі його сушіння та в розрахунках швидкості сушіння, використовувався вологовміст u – відношення маси вологи m_b до маси сухого матеріалу $m_{c.m.}$, кг/кг с.м.:

$$u = \frac{m_b}{m_{c.m.}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}. \quad (1)$$

Для визначення маси сухого матеріалу розрахунки проводили за відносною вологістю w – відношенням маси вологи m_b до маси вологого матеріалу m , %:

$$w = \frac{m_b}{m} \cdot 100 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100. \quad (2)$$

Перехід від вологовмісту u до відносної вологості w і від відносної вологості w до вологовмісту u здійснюється за такими формулами:

$$u = \frac{w}{100 - w} \text{ та } w = \frac{u}{1 + u}. \quad (3)$$

Початкове значення вологості листя м'яти перцевої у свіжому стані варіювалось у межах для стебел з листками (88,3...91,2)%, для листків і стебел (75,6...77,9)% та (88,7...91,7)% відповідно.

Дослідження гігротермічного рівноважного стану м'яти перцевої проводилися із застосуванням тензометричного (статичного) методу Ван Бамелена²⁵. Згідно з методом зразки висушеного матеріалу в бюксах витримувалися в ексикаторах над водними розчинами сірчаної кислоти. За певної температури та концентрації сірчаної кислоти в ексикаторі встановлюється парціальний тиск пари p , що відповідає цій концентрації та відносному тиску p/p_s . Відносна вологість повітря визначається як $\varphi = (p/p_s) \cdot 100$. Зразки періодично зважуються на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г до моменту досягнення ними постійної маси, що свідчить про настання стану динамічної рівноваги за такої температури й відносної вологості повітря. Рівноважний вологовміст матеріалу u_p визначається як відношення маси вологи в матеріалі в рівноважному стані до маси сухого матеріалу.

²⁵ Дабіжа Н. О. Інтенсифікація процесу конвективного сушіння термолабільних матеріалів до низького залишкового вологовмісту : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ : ІТТФ НАН України, 2013. 208 с.

Для визначення питомої теплоти випаровування води застосовано створений у ІТТФ НАНУ диференціальний мікрокалориметр випаровування ДМКИ-01²⁶, принцип роботи якого заснований на синхронному вимірюванні змінювання маси матеріалу через випаровування та кількості тепла, що витрачене на це випаровування. Прилад являє собою сукупність функціонально поєднаних теплового блоку з калориметричною платформою, аналітичних ваг, компресора для продувки повітря, блоку електронного керування та персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Для дослідів з листям м'яти було використано калориметричну платформу з циліндричними комірками глибиною 36 мм. У ній перетворювачі теплового потоку розміщені вздовж периметру стінок комірок. Цілий листок м'яти скручувався у м'який рулон та вміщувався у вимірювальну комірку. Ізотермічне кондуктивне сушіння відбувалось у калориметричній камері за температур 40 °C та 50 °C до моменту досягнення матеріалом вологості, що рівноважна з повітрям всередині камери.

Питому теплоту випаровування визначали з точністю не менше 1% за власною методикою, заснованою на синхронному вимірюванні змінювання маси матеріалу та кількості теплоти, що витрачена на випаровування під час ізотермічного конвективно-кондуктивного сушіння. Поточні значення питомих витрат теплоти на випаровування вологи зі зразка під час сушіння вираховували після закінчення досліду за формулою (4):

$$r_i = \frac{\int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} q(\tau) d\tau}{m(\tau_i) - m(\tau_{i+1})}, \quad (4)$$

де r_i – питомі витрати теплоти на випаровування за час сушіння від τ_i до τ_{i+1} , кДж/кг; τ_i та τ_{i+1} – поточні моменти часу процесу сушіння, с; $q(\tau)$ – тепловий потік всередині робочої камери як функція часу, кДж/с; $m(\tau_i)$ та $m(\tau_{i+1})$ – маса зразка в моменти часу τ_i та τ_{i+1} , кг.

Дослідження процесу зневоднення м'яти перцевої з метою вивчення кінетичних закономірностей проводилися на експериментальному сушильному стенді з конвективним підведенням теплоти в горизонтальній камері у разі подовжнього обтікання шару матеріалу сушильним агентом²⁷. Стенд складається із системи теплоізольованих

²⁶ Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів: пат. 84075 Україна: МПК G 01N 25/26, G 01N 25/28. № a200613266; заявл. 15.12.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17. 10 с.

²⁷ Гусарова О. В. Інтенсифікація тепломасопереносу під час одержання чипсів з яблук : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ : ІТТФ НАН України, 2020. 241 с.

повітропроводів з пристроями для нагрівання сушильного агента, сушильної камери, системи контролю і підтримання температури сушильного агента на заданому рівні та системи автоматичного збору й обробки інформації. Після встановлення режиму сушіння підготовлені зразки розміщували на сітчастому піддоні робочої вимірювальної камери та вмикали комп'ютер для збору інформації за допомогою програми "Sooshka", яка реєструє та виводить на екран температуру сушильного агента t_c , температуру зразка t та змінювання маси зразка m під час зневоднення.

Дослідження кінетики сушіння м'яти перцевої проводились окремо для листків, стебел та цілої рослини (стебла з листками). Стебла м'яти з листками різали на шматки довжиною 10...12 см і викладали їх на піддон шаром 2...2,5 см, листя або стебла викладали шаром 1 см. Дослідження проводилися в межах змінювання режимних параметрів процесу: температури сушильного агента – 30 °C, 40 °C і 50 °C; швидкості сушильного агента – 2 м/с; вологовмісту сушильного агента – (6...14) г/кг с.п.; питомого навантаження матеріалу – 1,7 кг/м². За експериментальними даними побудовані криві сушіння м'яти перцевої $u = f(\tau)$ і температурні криві $t = f(\tau)$, та одержані шляхом чисельного диференціювання кривих сушіння криві швидкості сушіння $du/d\tau = f(u)$.

3. Результати експериментальних досліджень

Під час вивчення технологічних властивостей матеріалів велике значення має аналіз ізотерм адсорбції, що представляють функціональну залежність між відносною вологістю повітря і рівноважним вологовмістом матеріалу у разі постійних температур і тиску. Під час сушіння для досягнення бажаного результату температура та вологість сушильного агента повинні відповідати заданому кінцевому вологовмісту матеріалу. Саме за ізотермами адсорбції встановлюється зв'язок між тепловолігісними параметрами сушильного агента і висушуваного матеріалу в процесі сушіння²⁸.

Тензометричним (статичним) методом Ван Бамелена за температури 30 °C одержана ізотерма адсорбції пари води м'ятою перцевою, яка має форму, характерну для колоїдних капілярно-пористих матеріалів (рис. 1а). Використовуючи метод характеристичних кривих²⁹, заснований

²⁸ Снежкін Ю. Ф., Дабіжа Н. О. Дослідження адсорбційних характеристик колоїдних капілярно-пористих матеріалів з метою визначення режимів сушіння. *Промислова теплотехніка*. 2000. Т. 22. № 3. С. 26–29.

²⁹ Загоруйко В. А., Голіков О. А., Слинько О. Г. Термодинаміка та теплофізика вологих матеріалів. Київ : Наукова думка, 1995. 296 с.

на потенційній теорії сорбції, за цією ізотермою визначили максимальний гігроскопічний вологовміст м'яти $u_{os} = 0,432$ кг/кг с.м. та розрахували значення рівноважних вологовмістів для 40 °С та 50 °С.

Для апроксимації ізотерм адсорбції пари води м'ятою перцевою використана модель Гуттенгейма-Андерсона-де Бура (ГАБ)³⁰. Рівняння ГАБ для ізотерми може бути представлено у вигляді

$$u = \frac{u_m C k (p/p_s)}{(1 - k(p/p_s))(1 - k(p/p_s) + C k (p/p_s))}, \quad (5)$$

де u – рівноважний вологовміст матеріалу, кг/кг с.м.; u_m – вологовміст матеріалу у разі повного заповнення поверхні шаром в одну молекулу води кг/кг с.м.; p/p_s – відносний тиск; C – константа Гуттенгейма; k – поправочний коефіцієнт, що коректує вплив полішару.

Величини коефіцієнтів рівняння ГАБ надані в таблиці 1. Адекватність рівняння ГАБ визначена з використанням нелінійного коефіцієнта регресії (R^2).

Таблиця 1

Величини коефіцієнтів рівняння ГАБ для ізотерм адсорбції м'яти перцевої

Матеріал	Діапазон p/p_s	t , °С	u_m	C	k
М'ята	0–0,7	30	0,065	41,86	1,206
		40	0,057	5,57	1,206
		50	0,052	2,29	1,207

Ізотерми відображають стан матеріалу в гігроскопічній області (зона зв'язаної води), де можна виділити (рис. 1а) три інтервали p/p_s за взаємодією води з матеріалом та її активністю в біохімічних реакціях. У інтервалі p/p_s від 0 до 0,2 (вологовміст матеріалу нижче 0,10 кг/кг с.м.) вода міцно зв'язана і не доступна для біохімічних реакцій. У інтервалі p/p_s від 0,2 до 0,7 вода адсорбційно зв'язана і доступна для реакцій неферментативного потемніння, в цьому інтервалі вологовміст матеріалу становить (0,10...0,16) кг/кг с.м. У інтервалі p/p_s від 0,7 до 1 вода слабо зв'язана капілярними силами і доступна як для розвитку мікроорганізмів, так і для хімічних реакцій. За ізотермами адсорбції встановлюємо, що для запобігання мікробного псування вологовміст висушеної м'яти не

³⁰ Quirijns E. J., van Boxtel A. J., van Loon W. K., van Straten G. Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. Vol. 85. P. 1805–1814. DOI: 10.1002/jsfa.2140.

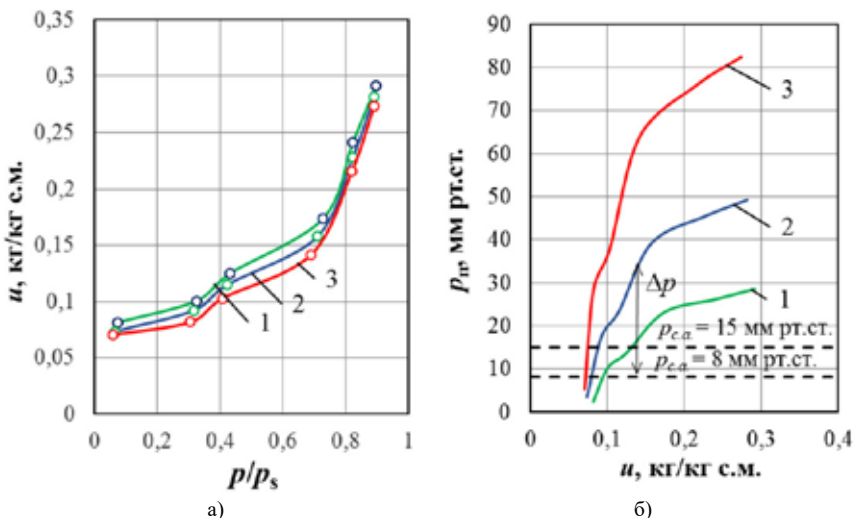


Рис. 1. Ізотерми адсорбції пари води м'ятою перцевою (а) та залежність парціального тиску пари води на поверхні матеріалу від вологовмісту і температури (б): 1 – 30 °С; 2 – 40 °С; 3 – 50 °С

повинен перевищувати 0,16 кг/кг с.м., у разі вологовмісту меншого ніж 0,10 кг/кг с.м. унеможливаються будь-які біохімічні реакції³¹.

Для забезпечення високої якості висушеної м'яти перцевої основне завдання сушіння полягає в максимальному збереженні ефірних олій, а також у припиненні руйнівної дії ферментів або в зменшенні її до мінімуму. Тому м'яту перцеву необхідно сушити до залишкового вологовмісту, що не перевищує 0,10 кг/кг с.м., висушений матеріал слід упаковувати в герметичну тару та зберігати в чистому, сухому, прохолодному, добре провітрюваному приміщенні, в якому необхідно забезпечити контроль вологості й температури повітря³².

Слід зазначити, що в гігроскопічній області (зоні зв'язаної води) тиск пари води над поверхнею матеріалу відрізняється від тиску насичення і залежить від його вологості й температури. За отриманими ізотермами адсорбції пари води м'ятою перцевою у вигляді залежності $u = f(p/p_s, t)$,

³¹ Sniezhkin Yu., Dabizha N., Dmytrenko N., Malashchuk N. Sorption and thermodynamic properties of aromatic plants as drying objects. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2023. T. 45. No. 2. C. 5–14. DOI: 10.31472/ttpe.2.2023.1.

³² Sniezhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. T. 43. No. 4. C. 7–16. DOI: 10.31472/ttpe.4.2021.1.

використовуючи $p_s = f(t)$, зображуємо ізотерми адсорбції у системі координат $p_n - u$ (рис. 1б).

Для запобігання втрати ароматичних речовин зневоднення м'яти перцевої необхідно проводити за низьких температур. Для такого «м'якого» довготривалого процесу сушіння справедлива гіпотеза про локальну термодинамічну рівновагу, згідно з якою в кожен малий проміжок часу на кордоні розділу фаз встановлюється рівновага. Умови локальної рівноваги з'ясовуються з ізотерм адсорбції, що дозволяє визначити парціальний тиск пари води над поверхнею матеріалу p_n , і отже, масообмінний натиск Δp . З експериментальних даних для м'яти (рис. 1б) встановлено, що в гігроскопічній області у міру зменшення вологовмісту матеріалу і у разі зниження його температури тиск пари води на поверхні зменшується і у разі наближення до вологовмісту 0,10 кг/кг с.м. стає сумірним з тиском у навколишньому пароповітряному середовищі.

За ізотермами адсорбції визначають тепловологісні параметри сушильного агента, за яких можна провести досушування м'яти перцевої до заданого залишкового вологовмісту. В кліматичних умовах України влітку в період збирання та переробки м'яти перцевої вологовміст атмосферного повітря коливається в широкому діапазоні від 10 г/кг с.п. до 20 г/кг с.п. У разі традиційного конвективного сушіння такі коливання вологовмісту повітря, що надходить до сушарки, приводять до коливання вологості сушильного агента. Так, за температури сушильного агента 40°C його вологість буде змінюватись згідно з $H-d$ діаграмі вологого повітря в діапазоні ϕ від 18% до 42%, таким умовам відповідає рівноважний вологовміст матеріалу в межах (8...12)%. У разі 50 °C вологість сушильного агента змінюється від 10% до 25%, а рівноважний вологовміст – у межах (7...8)%. Аналіз гігротермічної рівноваги м'яти перцевої показав, що за температури 40 °C і високої відносної вологості сушильного агента більше ніж 38% неможливо досушити м'яту до заданого залишкового вологовмісту 0,10 кг/кг с.м., тому що матеріал досягає стану рівноваги із сушильним агентом раніше, і процес зневоднення припиняється. Таким чином, на заключному етапі сушіння під час видалення адсорбційно-зв'язаної вологи вологовміст сушильного агента за температури 40 °C не повинен перевищувати 17 г/кг с.п.

Користуючись ізотермами адсорбції, можна одержати дані щодо теплоти випаровування вологи різних форм і видів зв'язку з матеріалом. Рослинні тканини утримують, крім вологи з фізико-механічною формою

зв'язку, й адсорбційно-зв'язану вологу³³. Для видалення адсорбційно-зв'язаної води необхідно підвести до матеріалу більше енергії, ніж під час випаровування вільної води. Загальні витрати енергії на видалення води під час сушіння визначаються як сума питомої теплоти випаровування вільної води r і чистої теплоти адсорбції q_a : $q = r + q_a$ ³⁴.

Знання теплоти адсорбції має велике значення у разі проєктування обладнання для зневоднення та у разі розроблення енергоефективних режимів сушіння м'яси перцевої. Це пов'язано з тим, що теплота випаровування сорбованої води може зростати до значень, що перевищують теплоту пароутворення чистої води, оскільки рослинна сировина зневоднюється до низького залишкового вологовмісту (0,05...0,15) кг/кг с.м., за якого вода в матеріалі перебуває у зв'язаному стані.

Нині для визначення теплоти адсорбції харчових продуктів використовуються два методи³⁵:

- прямий метод калориметричного вимірювання теплоти, що виділяється під час сорбції;
- термодинамічний метод із застосуванням рівняння Клаузіуса-Клейперона з визначенням чистої ізостеричної теплоти адсорбції q_a .

У разі видалення зв'язаної води загальні витрати енергії на випаровування визначаються ізостеричною теплотою адсорбції q_{st} , яка складається з питомої теплоти паротворення r і чистої теплоти адсорбції q_a . Ізостерична теплота адсорбції q_{st} розраховується за рівнянням Клаузіуса-Клапейрона, кДж/кг³⁶:

$$\frac{(\partial \ln p)}{(\partial \ln T)} = \frac{q_{st}}{(RT^2)}, \quad (6)$$

де p – тиск, мм рт.ст.; T – температура, К; R – газова стала, кДж/(кг · К).

За ізотермами адсорбції, одержаними за двох і більше температур, після заміни в рівнянні (6) рівноважного тиску p на відношення $p/p_s = \phi$, використовуючи інтегральну форму рівняння Клаузіуса-Клапейрона,

³³ Снежкін Ю. Ф., Дабіжа Н. О. Дослідження адсорбційних характеристик колоїдних капілярно-пористих матеріалів з метою визначення режимів сушіння. *Промислова теплотехніка*. 2000. Т. 22. № 3. С. 26–29.

³⁴ Gregg S. J., Sing K. S. W. Adsorption, surface area and porosity. London; New York : Academic Press, 1982. 306 p.

³⁵ Al-Muhtaseb A. H., McMinn W. A. M., Magee T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products : a review. *Trans IChemE*. 2002. Vol. 80. Part C. P. 118–128. DOI:10.1205/09603080252938753.

³⁶ Gregg S. J., Sing K. S. W. Adsorption, surface area and porosity. London; New York : Academic Press, 1982. 306 p.

визначається чиста теплота адсорбції q_a для фіксованих значень вологовмісту за рівнянням, кДж/кг:

$$q_a = \left[\ln \left(\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \right) / \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right] R. \quad (7)$$

На рис. 2а наведена залежність чистої ізостеричної теплоти адсорбції, що розрахована для температури 40°C, від вологовмісту матеріалу³⁷. Як видно, теплота адсорбції в області слабо зв'язаної води поступово зменшується зі зменшенням вологовмісту, в діапазоні від 0,24 кг/кг с.м. до 0,20 кг/кг с.м. спостерігається зниження теплоти, що пов'язане з впливом на випаровування вологи летких речовин ефірної олії м'яти. Далі теплота адсорбції різко збільшується в області адсорбційно-зв'язаної вологи. Питома теплота випаровування q слабо зв'язаної води незначно перевищує теплоту паротворення. Витрати ж енергії на випаровування адсорбційно-зв'язаної вологи збільшуються у разі досягнення матеріалом вологовмісту 0,12 кг/кг с.м. на 29% порівняно з теплотою паротворення вільної води, тобто відношення $q / r = 1,29$.

У реальному процесі сушіння одночасно з водою з поверхні листка м'яти випаровуються леткі ефірні олії. В природі ефірні олії виконують таку важливу функцію, як регулювання транспірації та захисту рослин від перегрівання вдень, переохолодження вночі. Багато компонентів ефірних олій, які особливо інтенсивно виділяються в атмосферу саме в спекотну погоду, мають високу теплоту випаровування, що дієво запобігає перегріванню тканин. Для м'яти перцевої такий вплив може чинити основний леткий ароматичний компонент ефірної олії (вміст (30...55)%) – (-)-Ментол (l-ментол чи (1R,2S,5R)-ментол). За фізичними властивостями ментол – це безбарвні шестикутні кристали, як правило, голчасті або у вигляді кристалічного порошку з приємним м'ятним запахом. Його температура плавлення у нормальних умовах становить 315,60 К (42,5 °C), а ентальпії випаровування та сублімації становлять $\Delta_{\text{vap}}H = 56,37$ кДж/моль та $\Delta_{\text{sub}}H = 95,8$ кДж/моль відповідно^{38, 39}. Друга основна летка сполука ефірної олії (вміст (14...32)%) – ментон, який являє собою безбарвну

³⁷ Sniezhkin Yu., Dabizha N., Dmytrenko N., Malashchuk N. (2023). Sorption and thermodynamic properties of aromatic plants as drying objects. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2023. T. 45. No. 2. C. 5–14. DOI: 10.31472/tpe.2.2023.1.

³⁸ Chickos J. S., Garin D. L., Hitt M., Schilling G. Some solid state properties of enantiomers and their racemates. *Tetrahedron*. 1981. Vol. 37. P. 2255–2259. DOI: 10.1016/S0040-4020(01)97981-5.

³⁹ Hoskovec M., Grygarová D., Cvacka J., Streinz L., Zima J., Verevkin S., Koutek B. Determining the vapour pressures of plant volatiles from gas chromatographic retention data. *Journal of Chromatography*. 2005. V. 1083. No. 1–2. P. 161–172. DOI: 10.1016/j.chroma.2005.06.006.

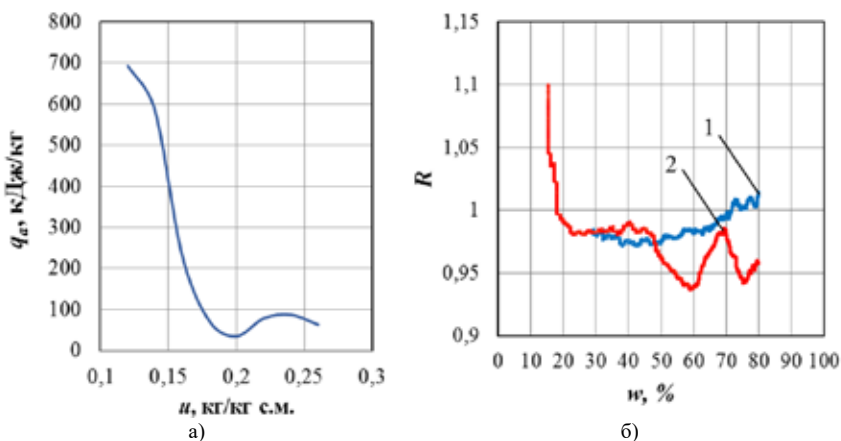


Рис. 2. Чиста ізостерична теплота адсорбції пари води м'ятою перцевою (а) та питомі витрати теплоти на висушування листя м'яти перцевої за температур сушіння (б): 1 – 40 °С; 2 – 50 °С

рідину з м'ятним запахом. Ентальпія випаровування ментону становить $\Delta_{\text{вар}} H = 50,1 \text{ кДж/моль}^{40}$.

Дослідження витрат енергії на зневоднення в процесі теплового сушіння листя м'яти перцевої проводилось шляхом визначення змін у витратах теплоти на випаровування на диференціальному мікрокалориметрі випаровування ДМКИ-01.

Результати дослідження теплоти на випаровування в процесі теплового сушіння листя м'яти перцевої наведені на рис. 2б у координатах значень питомих витрат теплоти на сушіння, приведених до питомої теплоти випаровування чистої води за відповідної температури ($R = q_{\text{витрачене}} / r_{\text{води}}$)⁴¹.

Експериментально отримані питомі витрати теплоти на сушіння листя м'яти за температури 40 °С (рис. 2б, крива 1) відповідають теплоті випаровування чистої води ($R = 1$) лише на початку процесу. Очевидно, тут відбувається природна втрата води листям крізь устячка, які призначені для транспірації. Але вологість 70% відносних стає критичною для листя.

⁴⁰ Batiu I. Vapor-liquid equilibria in the binary systems n-decane+(-)-menthone and n-decane+(+)-fenchone at temperatures between 344.45 and 390.75 K. *Fluid Phase Equilibria*. 2002. Vol. 198. No. 1. P. 111–121. DOI: 10.1016/S0378-3812(01)00759-2.

⁴¹ Dmytrenko N. V., Malashchuk N. S., Dabizha N. O., Ivanov S. O. Influence of drying temperature on removal of volatile aromatic compounds from mint leaves. *Scientific forum: theory and practice of research* : II International Scientific and Theoretical Conference, Valencia, Spain, 2022. DOI: 10.36074/scientia-16.09.2022.

Тому до процесу випаровування води приєднується процес випаровування летких ароматичних сполук із залоз-трихом на поверхні листя. Свідченням цього є спадання величини R нижче теплоти випаровування чистої води та поява сильного аромату м'яти у повітрі, яке видаляється з калориметричної камери. Виділення летких ароматичних сполук з листя відбувається протягом усього подальшого процесу сушіння монотонно, паралельно з видаленням вільної води.

Експериментально отримані значення питомих витрат теплоти на висушування листя м'яти за температури 50 °C (рис. 2б, крива 2) вказують на значне випаровування летких сполук із самого початку процесу. Також на кривій витрат теплоти спостерігаємо ендотермічні піки, можливо, зумовлені плавленням ментолу чи випаровуванням інших ароматичних речовин (ментону, жасмону, пулегону тощо). Періодичне повернення витрат теплоти до значення теплоти випаровування чистої води може свідчити про закінчення процесу плавлення чи про вичерпання запасів відповідної леткої сполуки. Подальша (після досягнення вологості 45%) відповідність кривої витрат теплоти за 50 °C значенням кривої витрат теплоти за 40 °C свідчить про подальше випаровування ментолу, концентрація якого в ефірних оліях м'яти найбільша. Різке зростання витрат теплоти (вище теплоти випаровування вільної води) наприкінці процесу сушіння свідчить про початок видалення з листя адсорбційно-зв'язаної води з міжклітинних капілярів, адсорбованої біополімерами мембран та води гідратних сфер розчинених речовин⁴². Цей момент добре погоджується зі зростанням чистої ізотеричної теплоти адсорбції в області адсорбційно-зв'язаної вологи (рис. 2а).

Дослідження основних закономірностей тепло- і масообміну у разі сушіння м'яти перцевої проводилися на експериментальному конвективному сушильному стенді. Кінетику сушіння листків та стебел м'яти досліджували в одиничному шарі.

Встановлено, що підвищення температури сушильного агента із 30 °C до 40 °C сприяє скороченню тривалості сушіння листків м'яти до вологовмісту матеріалу 0,10 кг/кг с.м. з 1010 до 620 хв (тобто у 1,6 раза), а збільшення температури з 40 °C до 50 °C приводить до зменшення тривалості сушіння з 620 до 310 хв (у 2 рази). Швидкість сушіння листків м'яти в початковий момент за температури сушильного агента 50 °C у 4 рази вища, ніж за 30 °C (рис 3а).

⁴² Dmytrenko N. V., Malashchuk N. S., Dabizha N. O., Ivanov S. O. Influence of drying temperature on removal of volatile aromatic compounds from mint leaves. *Scientific forum: theory and practice of research* : II International Scientific and Theoretical Conference, Valencia, Spain, 2022. DOI: 10.36074/scientia-16.09.2022.

Стебла м'яти мають більший початковий вологовміст і сохнуть до залишкового вологовмісту 0,10 кг/кг с.м. значно довше. Встановлено, що підвищення температури сушильного агента із 30 °С до 40 °С сприяє скороченню тривалості сушіння стебел м'яти з 1720 до 1600 хв (тобто у 1,08 раза), а збільшення температури з 40 °С до 50 °С приводить до зменшення тривалості сушіння з 1900 до 1720 хв (у 1,1 раза). Швидкість сушіння стебел м'яти в початковий момент за температури сушильного агента 50 °С у 1,86 раза вища, ніж за 30 °С (рис 3б).

Кінетика процесу сушіння листків та стебел м'яти в одиничному шарі описувалася на базі дослідних кривих сушіння як залежність безрозмірного вологовмісту u^* від часу:

$$u^* = \frac{u - u_p}{u_n - u_p} = f(\tau), \quad (8)$$

де u – поточний вологовміст, кг/кг с.м.; u_n – початковий вологовміст, кг/кг с.м.; u_p – рівноважний вологовміст, який визначається з умов гігротермічної рівноваги за ізотермами адсорбції (рис. 1), кг/кг с.м.; τ – час сушіння, хв.

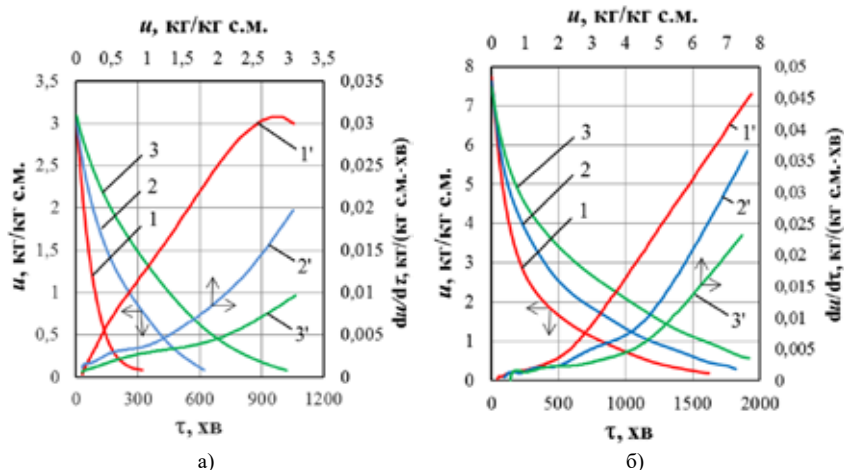


Рис. 3. Вплив температури сушильного агента на кінетику та швидкість сушіння листків (а) та стебел (б) м'яти перцевої.
Режимні параметри: 1, 1' – $t = 50$ °С; 2, 2' – $t = 40$ °С; 3, 3' – $t = 30$ °С;
 $v = 1$ м/с; $d = 14$ г/кг с.п., висота шару 1 см

Для визначення часу зневоднення та узагальнення кривих сушіння використовується рівняння сушіння тонкого шару⁴³. Оскільки експериментальні криві сушіння м'яти перцевої (рис. 3) не дають помітно виражених періодів постійної та лінійно спадаючої швидкості сушіння, то для апроксимації експериментальних кривих сушіння окремо листя та стебел м'яти перцевої використовувалася експоненціальна залежність, що враховує складний хід кривої швидкості сушіння і застосовується для колоїдних капілярно-пористих матеріалів рослинного походження (модель Page)⁴⁴:

$$u^* = e^{-k\tau^n}, \tag{9}$$

де k – коефіцієнт сушіння; n – дослідна константа.
Величини коефіцієнтів рівнянь апроксимації кривих сушіння м'яти перцевої, що визначені за різних температур сушильного агента, наведені в таблиці 2. Для апроксимації експериментальних кривих використовувався пакет Origin. Адекватність рівнянь визначена з використанням нелінійного коефіцієнта регресії (R^2) і середньоквадратичної погрішності (S).

Порівняння експериментальних кривих кінетики сушіння одиничного шару листків (рис. 4а) та стебел (рис. 4б) м'яти перцевої з кривими, розрахованими за апроксимуючими рівняннями (табл. 2), показало задовільне співпадіння розрахункових даних з експериментальними.

Таблиця 2

Величини коефіцієнтів рівняння апроксимації (9) кривих сушіння

	Коефіцієнти	Температура, °C	R ²	S
М'ята перцева (листя)	$k = 0,00785; n = 1,1122$	50	0,9997	0,00003
	$k = 0,0264; n = 0,8836$	40	0,9989	0,00008
	$k = 0,0145; n = 0,8836$	30	0,9865	0,00089
М'ята перцева (стебла)	$k = 0,0630; n = 0,8836$	50	0,9995	0,00003
	$k = 0,0321; n = 0,9489$	40	0,9996	0,00003
	$k = 0,0334; n = 0,8068$	30	0,9998	0,00001

⁴³ Asrate D. A., Ali A. N. Review on the recent trends of food dryer technologies and optimization methods of drying parameters. *Applied Food Research*. 2025. Vol. 5. No. 1. Article 100927. DOI: 10.1016/j.afres.2025.100927.

⁴⁴ Ertekin C., Firat M. Z. A Comprehensive review of thin layer drying models used in agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol 57. No. 4. P. 701–717. DOI: 10.1080/10408398.2014.910493.

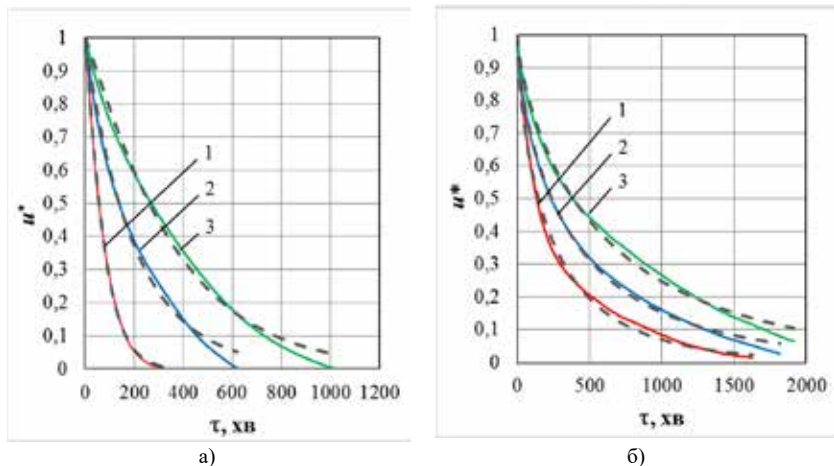


Рис. 4. Порівняння експериментальних кривих сушіння (суцільна лінія) одиничного шару листя (а) та стебел (б) м'яти перцевої з кривими, розрахованими за апроксимуючим рівнянням (9)

Відповідно до рівняння (9) тривалість процесу сушіння визначається як:

$$\tau = \left(\frac{1}{k} \ln \left(\frac{u - u_p}{u_n - u_p} \right) \right)^{1/n}. \quad (10)$$

Запропонований напівемпіричний метод розрахунку кінетики сушіння є досить точним, тому що встановлена залежність для тривалості процесу сушіння (10) від вологовмісту матеріалу, що одержана безпосередньо з експериментальних кривих сушіння, враховує всі фактори, що пов'язані з властивостями м'яти перцевої як об'єкта сушіння і особливостями процесу конвективного зневоднення. Розбіжність результатів розрахунку за одержаною формулою з експериментальними даними не перевищує 15%.

Проте на практиці під час заготівлі листя м'яти перцевої підготовлені цілі рослини (стебла з листками) збирають у пучки або подрібнюють на шматки по 7–10 см, підвішують або розкладають на рівній поверхні тонким шаром і висушують за низької температури повітря. Стебла м'яти з листками мають початковий вологовміст і тривалість зневоднення в шарі 2–2,5 см (рис. 5, крива 2) майже такі, як у стебел. Після сушіння стебла відокремлюють від листя в уже висушеному вигляді.

Слід зазначити, що під час низькотемпературного конвективного сушіння вплив вологовмісту сушильного агента на інтенсивність процесу стає суттєвим і значно залежить від тепловологісних параметрів атмосферного повітря. Так, аналіз літніх температур і вологості атмосферного повітря в Україні показав, що вологовміст повітря коливається в діапазоні від 8 г/кг с.п. до 20 г/кг с.п. Експериментально встановлено, що під час сушіння м'яоти перцевої (стебла з листками) за температури сушильного агента 40 °С (рис. 5) підвищення вологовмісту сушильного агента з 6 г/кг с.п. до 13 г/кг с.п. приводить до збільшення часу сушіння до вологовмісту 0,10 кг/кг с.м. в 1,35 раза, а швидкість сушіння зменшується в 1,3 раза.

Зниження інтенсивності вологовидалення пов'язане зі зменшенням рушійної сили масообміну Δp , яка визначається різницею парціальних тисків пари води на поверхні матеріалу p_n і в парогазовому потокові $p_{с.а.}$ (рис. 1б). Так, у разі вологовмісту повітря 6 г/кг с.п. парціальний тиск водяної пари становить 8 мм рт.ст., а у разі 13 г/кг с.п. – 15 мм рт.ст. Таким чином, зниження вологовмісту сушильного агента на 7 г/кг с.п. приводить до збільшення середнього масообмінного напору в гігроскопічній області на 20%, а в області адсорбційно-зв'язаної води – на 40%.

Аналіз експериментальних даних показав, що сушіння м'яоти перцевої – довготривалий процес, здійснення якого в наявних конвективних

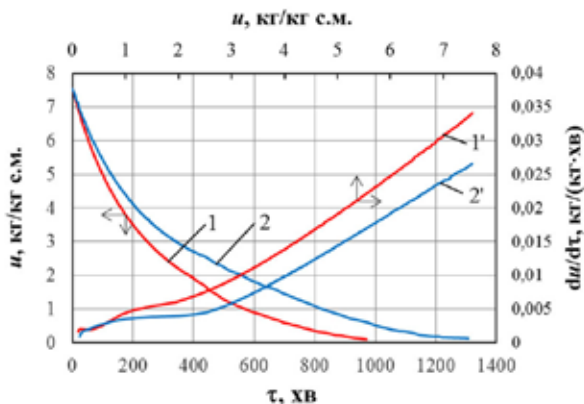


Рис. 5. Вплив вологовмісту сушильного агента на кінетику та швидкість сушіння м'яоти перцевої (стебла з листками).
Режимні параметри: 1, 1' – $d = 6$ г/кг с.п.; 2, 2' – $d = 13$ г/кг с.п.;
 $t = 40$ °С, $v = 2$ м/с, висота шару 2–2,5 см

сушарках є не вигідним через їхню низьку енергоефективність (0,4...0,6), що пов'язана зі значними втратами теплоти з відпрацьованим повітрям (більше 20% у загальному тепловому балансі).

Традиційні методи інтенсифікації процесу сушіння шляхом підвищення температури і швидкості сушильного агента мають обмеження під час зневоднення ефіроносних рослин через термочутливість ефірних олій. Так, підвищення температури сушіння з 40 °C до 50 °C зменшує вміст ефірних олій у висушеній м'яті перцевої на 25%, а збільшення швидкості сушильного агента з 1 м/с до 2 м/с – на 15%⁴⁵. Тому для збереження цінних речовин оптимальні режими сушіння м'яті перцевої повинні реалізовуватись у процесі низькотемпературного зневоднення за температури, що не перевищує 40 °C, і швидкості сушіння 1 м/с.

Також у випадку сушіння ефіроолійної сировини неможливо використовувати такий метод інтенсифікації зневоднення термолабільних матеріалів, як ступеневі режими зі змінюваною температурою сушильного агента. Цей метод широко використовується у разі сушіння паренхімних тканин плодів і дозволяє знизити енерговитрати на (20...25)%⁴⁶. Проте, незважаючи на значну інтенсифікацію процесу сушіння у разі $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3), неможливо використати цю температуру для ступеневого режиму сушіння м'яті перцевої. Це пов'язано з тим, що цінні ефірні олії знаходяться у залозах-трихомах на поверхні листа і, як було встановлено (рис. 2б), у разі $t = 42,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається інтенсивне виділення летких речовин з рослини.

Єдиним шляхом інтенсифікації процесу низькотемпературного сушіння є збільшення масообмінного напору Δp шляхом примусового осушення сушильного агента. Для підтримки необхідної величини масообмінного напору сушіння м'яті перцевої доцільно проводити за режимами зі змінюваним ступенем осушення сушильного агента. На першій стадії сушіння, коли з матеріалу видаляється вільна волога, достатній невеликий ступінь осушення. На другій стадії (область гігроскопічного стану) ступінь осушення збільшується. На стадії досушування у разі видалення з м'яті перцевої адсорбційно-зв'язаної вологи, основним фактором, що зумовлює енерговитрати, є тривалість процесу. Для збільшення швидкості сушіння необхідно максимально збільшити ступінь осушення сушильного агента. Розроблені режими

⁴⁵ Sniezhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. T. 43. No. 4. С. 7–16. DOI: 10.31472/tpe.4.2021.1.

⁴⁶ Гусарова О. В. Інтенсифікація тепломасопереносу під час одержання чипсів з яблук : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ : ІТТФ НАН України, 2020. 241 с.

забезпечують оптимальні інтенсивність масообміну та енерговитрати впродовж усього процесу сушіння (табл. 3).

Таблиця 3

Режими сушіння м'яти за температури сушильного агента 40 °С

Стадія	Ступінь осушення сушильного агента	d , г/кг с.п.	Δp , мм рт.ст.
I	невеликий ступінь осушення	20...25	28...23
II	збільшення ступеня осушення	14...20	24...28
III	максимально можливий ступінь осушення	6...14	22...24

У разі вибору методів зневоднення м'яти перцевої та сушильного обладнання необхідно керуватися такими вимогами:

1. Температура сушіння не повинна перевищувати гранично допустиму температуру нагріву м'яти перцевої, що становить 40 °С.
2. Сушіння повинно відбуватися в замкненому контурі для створення заданих умов процесу зневоднення, що не залежать від тепловологісних параметрів атмосферного повітря.
3. Повинна існувати можливість регулювання вологовмісту сушильного агента для реалізації режимів зі змінюваним ступенем його осушення.
4. Необхідно забезпечити збір випаруваної вологи для уловлювання летких речовин.
5. Для підвищення енергоефективності процесу сушіння необхідно забезпечити утилізацію теплоти відпрацьованого сушильного агента.

4. Розроблення та створення теплонасосної сушарки

Для підвищення енергоефективності процесу зневоднення м'яти перцевої запропоновано використовувати конденсаційний метод сушіння із застосуванням теплового насоса. Інтеграція теплового насоса в цикл конвективної сушарки дозволяє реалізувати висунуті за результатами експериментальних досліджень вимоги до проведення процесу сушіння м'яти перцевої. Можливість примусового осушення повітря у випарнику теплового насоса дозволяє створити необхідні тепловологісні параметри сушильного агента незалежно від умов навколишнього середовища (стану атмосферного повітря). Така здатність теплового насоса знижувати вологовміст сушильного агента під час низькотемпературного сушіння сприяє інтенсифікації вологовидалення за рахунок підвищення масообмінного напору між теплоносієм і матеріалом. Волога, що вилучається з матеріалу, не виноситься сушильним агентом в навколишнє

середовище, а конденсується на холодній поверхні випарника теплового насоса, при цьому утилізується теплота конденсації, яка повертається на більш високому рівні в процес. Це дозволяє знизити енерговитрати для конвективного сушіння, підвищивши його енергоефективність⁴⁷.

У праці⁴⁸ визначені енерговитрати для звичайної конвективної і для теплонасосної сушарки за однакових режимів сушіння. Порівняння отриманих питомих енерговитрат показало, що питомі енерговитрати у разі теплонасосного сушіння (2000 кДж/кг) у 2,7 раза менші, ніж у разі конвективного (5500 кДж/кг).

Під час теплонасосного сушіння в замкненому контурі можна реалізувати складний алгоритм управління процесом зневоднення. Щоб уникнути перегріву матеріалу і для оптимізації енерговитрат теплонасосний агрегат на різних стадіях сушіння повинен працювати за перемінними режимами – протягом циклу сушіння необхідно регулювати як інтенсивність тепlopідведення, так і ступінь осушування сушильного агента.

Для підвищення ефективності роботи сушильного обладнання запропоновано низку технічних рішень та розроблена удосконалена схема теплонасосної сушарки.

Слід зазначити, що в процесі теплонасосного сушіння в конденсаторі теплового насоса виділяється теплоти більше ніж необхідно для зневоднення матеріалу. Тому частину теплоти конденсації необхідно відводити за межі сушильної камери за допомогою зовнішнього конденсатора, який працює послідовно з внутрішнім конденсатором. Для підтримання заданої температури сушильного агента на сталому рівні на першій стадії процесу, коли з матеріалу видаляється велика кількість вологи, відведення теплоти зовнішнім конденсатором мінімальне, по мірі висушування продукту кількість теплоти, що відводиться, збільшується.

Регулювання вологості сушильного агента можна здійснювати таким чином: теплоносій, що виходить із сушарки, розділяється на два потоки, один з яких надходить до випарника теплового насоса, де охолоджується та осушується, після чого змішується з частиною рециркулюючого теплоносія та подається на нагрівання до конденсатора теплового насоса і далі – до сушильної камери. Під час сушіння ефіроолійної сировини до сушильної камери повертаються і випарені леткі речовини, що дає

⁴⁷ Snizhkin Y., Jian X., Chalaev D., Ulanov M., Dabizha N. Energy saving technologies for drying of heat-sensitive materials. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2019. Vol. 41. No. 4. P. 5–12. DOI: 10.31472/ttpe.4.2019.1.

⁴⁸ Snizhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. T. 43. No. 4. C. 7–16. DOI: 10.31472/ttpe.4.2021.1.

можливість регулювати парціальний тиск летких речовин у сушильному агенті, і, як наслідок, зменшити їхнє випаровування. Сконденсована у випарнику і зібрана в конденсатозбірнику волога являє собою міжклітинну і внутрішньоклітинну рідину, що вилучена з рослин, і тому є біологічно активною рідиною.

Як показали дослідження⁴⁹, під час роботи теплонасосного агрегата за схемою з осушенням частини теплоносія і рекуперацією «холоду» можна в 1,5–2 рази зменшити енерговитрати на процес сушіння. Для реалізації такої схеми необхідно встановити перед випарником теплового насоса рекуперативний теплообмінник «повітря-повітря».

На рис. 6 наведена удосконалена схема конвективної сушарки з тепловим насосом. Робота сушарки (рис. 6а) здійснюється таким чином. Нагріте у конденсаторі 3 теплового насоса сухе повітря (точка *a* процесу зневоднення в *H-d* діаграмі вологого повітря, рис. 6б) надходить до сушильної камери 1, де обдуває візок із продуктом і, відбираючи вологу від продукту, адіабатично зволожується (процес *a-b*). Після цього зволожене повітря розділяється на два потоки, один із яких повертається на рециркуляцію, а другий подається в тепловий насос на осушення. Осушуване повітря спочатку частково охолоджується в рекуперативному теплообміннику «повітря-повітря» 8 (процес *b-b'*), після чого доохолоджується у випарнику 5 теплового насоса (процес *b'-c-d*). При цьому частина вологи, що міститься в повітрі, конденсується, і вода виводиться з об'єму сушильної камери. Після проходження через випарник 5 охолоджене й осушене повітря підігрівається в рекуператорі 8 (процес *d-d'*) і змішується з вологим рециркулюючим повітрям (процеси *d'-e* і *b-e*). Змішане повітря (точка *e*) підігрівається в конденсаторі 3 (процес *e-a*), і цикл повторюється. Для забезпечення постійної температури сушіння надлишок тепла за допомогою додаткового зовнішнього конденсатора 7 відводиться в навколишнє середовище.

За результатами досліджень розроблена та створена теплонасосна сушильна установка камерного типу (рис. 7). Сушарка являє собою шафу, у верхній частині корпусу 1 якої знаходиться сушильна камера 2 з піддонами 4 для зневоднювального матеріалу, а в нижній – агрегатний відсік 3, де розташований теплонасосний агрегат 6. Теплонасосний агрегат включає холодильний компресор, випарник із системою відводу конденсату до конденсатозбірника і двосекційні повітряні конденсатори (внутрішній та зовнішній). Перед випарником холодильного агрегату встановлено

⁴⁹ Snezhkin Y., Chalaev D., Dabizha N. Analysis of energy performance of heat pump drying. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2017. Vol. 39. No. 3. P. 47–52. DOI: 10.31472/ithe.3.2017.07.

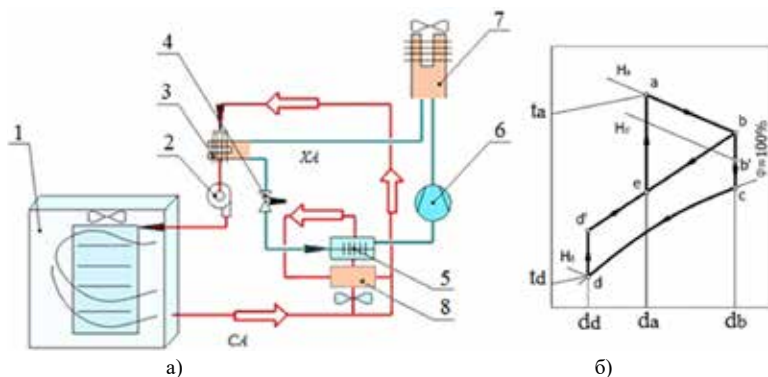


Рис. 6. Схема теплонасосної сушарки (а) та процес зневоднення в $H-d$ діаграмі вологого повітря (б): 1 – сушильна камера; 2 – вентилятор; 3 – внутрішній конденсатор; 4 – дросель; 5 – випарник; 6 – компресор; 7 – зовнішній конденсатор; 8 – рекупераційний теплообмінник; СА – контур сушильного агента; ХА – контур холодоагента



Технічні характеристики:	
Температура сушильного агента	40°–55 °С
Кількість вологи що видаляється з продукту	до 2 л/год
Кількість висушуваного продукту	до 40 кг/доба
Установлення електрична потужність	1,0 кВт
Питомі витрати електроенергії на випаровування вологи	0,3...0,7 кВт год/л

Рис. 7. Теплонасосна сушильна установка: 1 – корпус сушарки; 2 – сушильна камера (технологічний відсік); 3 – агрегатний відсік; 4 – піддон; 5 – пульт керування сушарки; 6 – теплонасосний агрегат; 7 – рекупераційний теплообмінник; 8 – циркуляційні вентилятори; 9, 10 – стартовий електронагрівач

рекуперативний теплообмінник 7. Тепловологісні параметри сушильного агента у сушарці задаються за допомогою приладу «Вимірювач-регулятор МТ2» на пульті керування 5. Підтримка заданих параметрів здійснюється за допомогою системи автоматики шляхом регулювання подачі холодоагенту у випарник і перерозподілу у необхідному співвідношенні величини теплового навантаження на секції конденсатора.

ВИСНОВКИ

Проведені комплексні дослідження, що спрямовані на всебічне вивчення властивостей м'яти перцевої як об'єкта сушіння та визначення оптимальних параметрів зневоднення, що забезпечують максимальне збереження ефірних олій, дозволили одержати такі результати.

За експериментальними дослідженнями з гігротермічної рівноваги за температури 30 °С у діапазоні відносних тисків p/p_s від 0,4 до 0,9 методом характеристичних кривих одержанні ізотерми сорбції пари води м'ятою перцевою за температур від 30 до 50 °С, що дозволило визначити величину чистої ізостеричної теплоти адсорбції та тепловологісні параметри сушильного агента у разі досушування м'яти до залишкового вологовмісту 10%.

Експериментально калориметричним методом одержані питомі витрати теплоти на сушіння листя м'яти за температур 40 і 50 °С. Виявлено вплив летких речовин ефірної олії м'яти перцевої на теплоту випаровування.

Вибір температури сушіння пряно-ароматичних рослин насамперед визначається термочутливістю ефірних олій. Дослідження впливу температури сушіння на видалення летких ароматичних сполук з листя м'яти перцевої показало, що для запобігання значних втрат якості гранично допустима температура нагріву матеріалу під час зневоднення не повинна перевищувати температуру плавлення ментолу 42,5 °С.

На підставі ізотерм сорбції для гігроскопічної області одержана залежність парціального тиску водяної пари на поверхні м'яти перцевої від вологовмісту і температури в діапазоні $u = 0,07...0,29$ кг/кг с.м. і $t = 30...50$ °С, що дозволило визначити масообмінний напір Δp та обґрунтувати метод інтенсифікації процесу низькотемпературного сушіння шляхом примусового осушення сушильного агента.

Результати експериментальних досліджень кінетики сушіння м'яти перцевої показали, що під час низькотемпературного зневоднення вологовміст сушильного агента суттєво впливає на швидкість процесу. Зниження вологовмісту сушильного агента шляхом примусового осушення з 13 г/кг с.п. до 6 г/кг с.п. дозволяє на 25% скоротити тривалість сушіння.

Для підтримки необхідної величини масообмінного напору запропоновано проводити сушіння м'яти перцевої за режимами зі змінюваним ступенем осушення сушильного агента з поступовим його зниженням до максимальної величини. Розроблені режими забезпечують оптимальні інтенсивність масообміну та енерговитрати впродовж усього процесу сушіння.

Запропоновано використовувати конденсаційний метод сушіння із застосуванням теплового насоса для підвищення енергоефективності процесу зневоднення м'яти перцевої та створена теплонасосна сушильна установка камерного типу. Питомі енерговитрати теплонасосної сушарки майже в 2,5 раза менші, ніж конвективної.

АНОТАЦІЯ

Зважаючи на високий світовий попит на лікарські й ефіроолійні рослини, особлива увага приділяється підвищенню ефективності та сталості процесів їх сушіння, яке є енерговитратним етапом переробки і водночас визначальним для збереження біологічно активних речовин та ефірних олій.

Однією з широко використовуваних лікарських ефіроолійних культур є м'ята перцева (*Mentha piperita* L.), яка володіє антимікробними, антиоксидантними, протівірусними, антибактеріальними, протизапальними, протигрибковими, протиастматичними, спазмолітичними, антисептичними властивостями тощо.

Мета дослідження полягає у вивченні кінетики процесу зневоднення м'яти перцевої, розробленні енергоефективних режимів сушіння, за яких забезпечуються мінімальні питомі витрати енергії та максимальне збереження ефірних олій, виборі та вдосконаленні сушильної установки.

Методологія дослідження ґрунтується на комплексному підході, спрямованому на всебічне вивчення властивостей м'яти перцевої як об'єкта сушіння, що включає дослідження сорбційних властивостей, визначення граничних температур нагріву та кінетики сушіння, встановлення оптимальних параметрів зневоднення, що забезпечують максимальне збереження ефірних олій, обґрунтування методу інтенсифікації та способу сушіння.

За результатами досліджень гігротермічної рівноваги для гігроскопічної області одержана залежність парціального тиску водяної пари на поверхні м'яти перцевої від вологовмісту і температури в діапазоні $u = 0,07...0,29$ кг/кг с.м. і $t = 30...50$ °C, що дозволило визначити масообмінний напір Δp та обґрунтувати метод інтенсифікації процесу

низькотемпературного сушіння шляхом примусового осушення сушильного агента.

Встановлено, що для запобігання значних втрат ефірних олій гранично допустима температура нагріву м'яти перцевої під час зневоднення не повинна перевищувати температуру плавлення ментолу 42,5 °С.

Результатами експериментальних досліджень кінетики сушіння м'яти перцевої встановлено, що зниження вологовмісту сушильного агента шляхом примусового осушення з 13 г/кг с.п. до 6 г/кг с.п. дозволяє на 25% скоротити тривалість сушіння.

Запропоновано використовувати конденсаційний метод сушіння із застосуванням теплового насоса для підвищення енергоефективності процесу зневоднення м'яти перцевої. Створена теплонасосна сушильна установка камерного типу, питомі енерговитрати якої майже в 2,5 рази менші, ніж конвективної.

Література

1. Sniezhkin Yu., Dabizha N., Malashchuk N. Energy resource saving technologies of dehydration of medicinal and aromatic plants. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. Т. 43. No. 4. С. 7–16. DOI: 10.31472/ttpe.4.2021.1.
2. Товарознавство та інноваційні технології переробки лікарсько-технічної рослинної сировини : навчальний посібник / Павлюк Р. Ю. та ін. Харків : ХГУПТ, 2013. 429 с.
3. Chakraborty R., Tilottama D. Drying protocols for traditional medicinal herbs : A Critical Review. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*. 2016. Vol. 4. No. 4. P. 312–319.
4. Nakra S., Tripathy S., Srivastav P. P. Drying as a preservation strategy for medicinal plants: Physicochemical and functional outcomes for food and human health. *Phytomedicine Plus*. 2025. Vol. 5. No. 2. Article 100762. DOI: 10.1016/j.phyplu.2025.100762.
5. Thamkaew G., Sjöholm I., Galindo F. G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61. No. 11. P. 1763–1786. DOI: 10.1080/10408398.2020.1765309.
6. Sniezhkin Yu. Energy-efficient dryers developed at the Institute of engineering thermophysics of NAS of Ukraine. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2025. Vol. 50. No. 4. P. 5–17. DOI: 10.31472/ttpe.4.2025.1.

7. Nurhaslina C. R., Bacho S. A., Mustapa A. N. Review on drying methods for herbal plants. *Materials Today* : Proceedings. 2022. Vol. 63. P. S122–S139. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.02.052.
8. Eapen A. S., Bhosale Y. K., Roy S. A review on novel techniques used for drying medicinal plants and its applications. *International Journal of Biomaterials*. 2025. Article ID 4533070. 21 p. DOI: 10.1155/ijbm/4533070.
9. FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата звернення: 23.02.2026).
10. Nayak P., Kumar T., Gupta A. K., Joshi N. U. Peppermint a medicinal herb and treasure of health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 1519–1528. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i3y.11525.
11. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків : Прапор НФАУ, 2000. 704 с.
12. Мінарченко В. М., Бутко А. Ю. Дослідження вітчизняного ринку лікарських засобів рослинного походження. *Фармацевтичний журнал*. 2017. № 1. С. 30–36. DOI: 0.32352/0367-3057.1.17.04.
13. European Pharmacopoeia. 8th edition (Ph. Eur. 8). Strasbourg : Council of Europe, 2014. P. 275–276, 1232–1234, 1350–1352, 1369–1370.
14. Blanco M. C. S. G., Ming L. C., Marques M. O. M., Bovi O. A. Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition. *Acta Horticulturae*. 2000. Vol. 569. P. 95–98.
15. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Ільєнко О. О., Ловецько В. О. Сушіння м'яти на конвективних сушильних установках. *Харчова промисловість*. 2010. Вип. 9. С. 168–170.
16. Karami H., Rasekh M., Darvishi Y., Khaledi R. Effect of drying temperature and air velocity on the essential oil content of *Mentha aquatica* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2017. Vol. 20. No. 4. P. 1131–1136. DOI: 10.1080/0972060X.2017.1371647.
17. Дабіжа Н. О. Інтенсифікація процесу конвективного сушіння термолабільних матеріалів до низького залишкового вологовмісту : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ : ІТТФ НАН України, 2013. 208 с.
18. Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування води і органічних рідин з матеріалів: пат. 84075 Україна: МПК G 01N 25/26, G 01N 25/28. № а200613266; заявл. 15.12.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17. 10 с.
19. Гусарова О. В. Інтенсифікація тепломасопереносу під час одержання чипсів з яблук : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ : ІТТФ НАН України, 2020. 241 с.
20. Снежкін Ю. Ф., Дабіжа Н. О. Дослідження адсорбційних характеристик колоїдних капілярно-пористих матеріалів з метою

визначення режимів сушіння. *Промислова теплотехніка*. 2000. Т. 22. № 3. С. 26–29.

21. Загоруйко В. А., Голиков О. А., Слинько О. Г. Термодинаміка та теплофізика вологих матеріалів. Київ : Наукова думка, 1995. 296 с.

22. Quirijns E. J., van Boxtel A. J., van Loon W. K., van Straten G. Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. Vol. 85. P. 1805–1814. DOI: 10.1002/jsfa.2140.

23. Sniezhkin Yu., Dabizha N., Dmytrenko N., Malashchuk N. (2023). Sorption and thermodynamic properties of aromatic plants as drying objects. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2023. Т. 45. No. 2. С. 5–14. DOI: 10.31472/ttpe.2.2023.1.

24. Gregg S. J., Sing K. S. W. Adsorption, surface area and porosity. London; New York : Academic Press, 1982. 306 p.

25. Al-Muhtaseb A. H., McMinn W. A. M., Magee T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Trans IChemE*. 2002. Vol. 80. Part C. P. 118–128. DOI: 10.1205/09603080252938753.

26. Chickos J. S., Garin D. L., Hitt M., Schilling G. Some solid state properties of enantiomers and their racemates. *Tetrahedron*. 1981. Vol. 37. P. 2255–2259. DOI: 10.1016/S0040-4020(01)97981-5.

27. Hoskovec M., Grygarová D., Cvacka J., Streinz L., Zima J., Verevkin S., Koutek B. Determining the vapour pressures of plant volatiles from gas chromatographic retention data. *Journal of Chromatography*. 2005. V. 1083. No. 1–2. P. 161–172. DOI: 10.1016/j.chroma.2005.06.006.

28. Batiu I. Vapor-liquid equilibria in the binary systems n-decane+(-)-menthone and n-decane+(+)-fenchone at temperatures between 344.45 and 390.75 K. *Fluid Phase Equilibria*. 2002. Vol. 198. No. 1. P. 111–121. DOI: 10.1016/S0378-3812(01)00759-2.

29. Dmytrenko N. V., Malashchuk N. S., Dabizha N. O., Ivanov S. O. Influence of drying temperature on removal of volatile aromatic compounds from mint leaves. *Scientific forum: theory and practice of research : II International Scientific and Theoretical Conference, Valencia, Spain, 2022*. DOI: 10.36074/scientia-16.09.2022.

30. Asrate D. A., Ali A. N. Review on the recent trends of food dryer technologies and optimization methods of drying parameters. *Applied Food Research*. 2025. Vol. 5. No. 1. Article 100927. DOI: 10.1016/j.afres.2025.100927.

31. Ertekin C., Firat M. Z. A Comprehensive review of thin layer drying models used in agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol 57. No. 4. P. 701–717. DOI: 10.1080/10408398.2014.910493.

32. Sniezhkin Y., Jian X., Chalaev D., Ulanov M., Dabizha N. Energy saving technologies for drying of heat-sensitive materials. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2019. Vol. 41. No. 4. P. 5–12. DOI: 10.31472/ttpe.4.2019.1.

33. Snezhkin Y., Chalaev D., Dabizha N. Analysis of energy performance of heat pump drying. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2017. Vol. 39. No. 3. P. 47–52. DOI: 10.31472/ihe.3.2017.07.

Information about the authors:

Dabizha Nataliia Oleksandrivna,

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher at the Department of Heat
and Mass Transfer in Heat Technologies
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine
2-a, Marii Kapnist Street, Kyiv, Ukraine

Dmytrenko Nataliia Vitaliyivna,

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher at the Department of Heat
and Mass Transfer in Heat Technologies
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine
2-a, Marii Kapnist Street, Kyiv, Ukraine

Malashchuk Nataliia Savivna,

Doctor of Philosophy,
Senior Researcher at the Department of Heat
and Mass Transfer in Heat Technologies
Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine
2-a, Marii Kapnist Street, Kyiv, Ukraine

**TECHNOLOGY AND QUALITY OF SHORTBREAD
CONFECTIONERY WITH MEAL**

Kravchenko M. F., Mykhailyk V. S., Italliantsev V. V.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-22>

INTRODUCTION

Providing the population of Ukraine with a full-fledged balanced diet is one of the most important problems of the state.

Improving the structure of nutrition of the population of Ukraine involves increasing the production of food products, thanks to the improvement of existing ones and the creation of new technologies. Real food products are unbalanced in their chemical composition and do not contain essential nutrients in the required quantities and ratios. The search for natural food substances of plant origin that are able to increase the resistance of the human body to the negative impact of the environment due to antioxidant, antitoxic activity is relevant. Scientific theoretical and practical studies show that it is impossible to achieve a high preventive effect with the help of traditional food products, and the creation of universal food products is also problematic. An effective and quick way to optimize their nutritional value is to use biologically active raw materials, which are a concentrate of natural minor food components – vitamins, macro- and microelements, individual fat acids, and phospholipids.

1. Analytical review of flour confectionery products

In Ukraine, the production of special-purpose products with antioxidant immunomodulatory effects is insufficient, so expanding the range of these products is relevant. One of its solutions is the development of scientific and methodological foundations for creating food products with a balanced chemical composition through the use of plant biologically active raw materials. The domestic market is dominated by food additives, mainly of foreign production, so research into domestic plant raw materials and secondary products of their processing is of significant scientific and practical interest.

Currently, the urgent task is the waste-free comprehensive use of valuable plant raw materials. From this point of view, secondary raw materials – cake,

meal, pomace, which remain after the manufacture of the main product (juices, wine, oil, etc.) and contain a large number of biologically active compounds in natural proportions that are best absorbed by the body – deserve some attention.

Flour confectionery is a group of food products with a fairly wide range. They differ significantly in their recipe composition and organoleptic properties, which is achieved primarily by including various ingredients in the recipes and using certain technological operations. The main ingredients of the shortbread cookie recipe are: wheat flour, butter, granulated sugar, eggs, baking powder, ammonium, salt.

Flour confectionery, as a group of products characterized by increased demand from the population, requires scientifically substantiated regulation of the nutrient composition, protein and carbohydrate raw materials.

Regulation of the chemical composition of such flour products to increase their nutritional value is a way to create new generation products. For this purpose, various types of both traditional and non-distributed biologically active raw materials are used.

The priority direction today is recipe and technological innovations to expand the range, increase the nutritional and biological value, and reduce the calorie content of flour confectionery.

A directed change in the nutritional value of flour confectionery is achieved by including useful (desirable) components in their recipe or removing undesirable (unuseful) components. When developing the latest technologies for flour confectionery, it is envisaged to use so-called functional ingredients, which include dietary fiber, proteins, vitamins, antioxidants, which contribute to increasing nutritional and biological value and reducing energy value¹.

So, currently the range of additional and non-traditional raw materials used for the production of flour confectionery products is quite wide, but the potential of secondary plant products from oil raw materials is not used to the full extent.

Based on the analysis of the domestic market of biologically active raw materials, we concluded that some of its types used in flour confectionery technologies can be attributed to dietary supplements, but some of them occupy an intermediate position between dietary and food additives due to their biological activity and functional and technological properties, in particular, affecting the structural-mechanical, sensory properties and nutritional value of flour confectionery products.

¹ Rusu I. E., Marc R. A., Mureșan C. C. Hemp (*Cannabis sativa* L.) flour-based wheat bread as fortified bakery product. *Plants*, 2021. No. 10(8), p. 155.

The concept of the nutritional value of biologically active raw materials, which include oilseed meals and hemp processing products, as components of flour confectionery products should be considered from the standpoint of their safety, as well as the transformation of individual nutrients in the technological flow.

As already noted, the development of technologies for flour confectionery products with a regulated nutrient composition involves the involvement of secondary plant raw materials of increased biological value in the technological process, which is a relevant area of research in the context of state policy on resource conservation, rational use of raw materials, increasing high-quality domestically produced products, and increasing the orientation of domestic enterprises to the development of import-substituting products. Recently, oilseeds and their processing products have been gaining increasing popularity as products that are beneficial to human health. Among them, the most common are meals. Meal is a by-product of oil extraction production. It is obtained after the extraction of fat from oilseeds.

The main products of industrial hemp seed processing in Ukraine are crushed hemp seeds, hemp oil, hemp flour, hemp bran, and hemp protein.

The use of oilseed meals and hemp flour allows you to easily and quickly eliminate the deficiency of essential nutrients, primarily micronutrients, to some extent it is aimed at changing the metabolism of individual substances, increasing the body's non-specific resistance to the effects of adverse environmental factors, and obtaining a mechanism for a non-drug safe way to regulate and maintain human health.

2. Substitution of the composition of model dough for cookies using composite mixtures

Flour confectionery products have high taste qualities, but an unbalanced chemical composition due to the high content of fats, sugars and low – dietary fiber, unsaturated fatty acids, minerals, proteins. Meals have a valuable chemical composition, because they contain unsaturated fatty acids, minerals, proteins and dietary fiber represented by fiber. Therefore, it is important to investigate the possibility of using meals in the technology of flour confectionery shortbread products instead of wheat flour².

The use of oilseed meals (soybean, sunflower, sesame, walnut, flax, hemp, etc.) allows you to enrich the chemical composition of flour confectionery products with protein, lipids, dietary fiber, vitamins and minerals (Table 1),

² Sheludko V. M., Kholobtseva I. P. Legumes in the technology of flour confectionery products. Improving the technology of butter cookies enriched with calcium by using protein-mineral additives. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, No. 4(11(112), p. 42–49.

they have pronounced sorption, antioxidant, detoxifying, complex-forming properties³.

Analysis of the chemical composition of hemp flour showed that hemp flour has a significantly higher protein content, on average by 58% compared to wheat flour. From the point of view of physiological value, not only the amount of protein in the product is important, but also its completeness, which is characterized by the presence of essential amino acids and their quality, namely, proximity to the “ideal protein”. To assess this compliance, the amino acid score indicator is used, which characterizes the degree of proximity of the composition of the studied protein to the composition of the ideal protein⁴.

The calculation of the amino acid scores of wheat and hemp flour proteins is given in Figure 1.

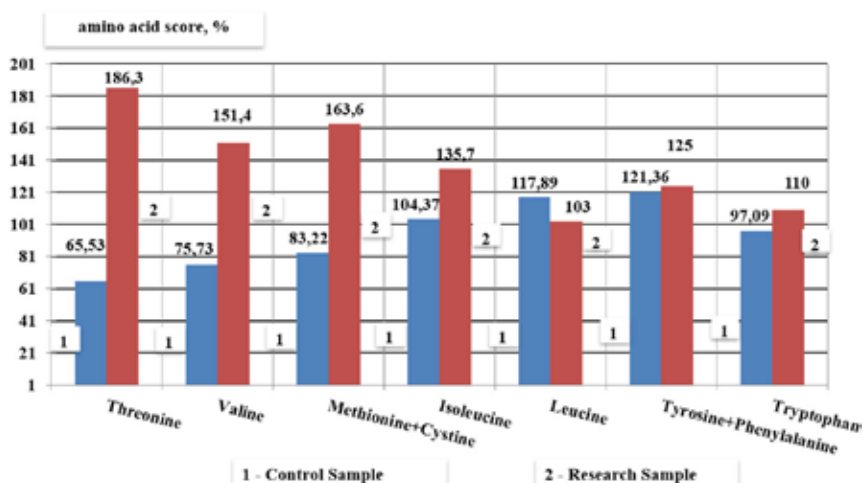


Fig. 1. Amino acid score of hemp and wheat flour proteins, %

The amino acid scores of threonine and valine in hemp flour exceed the corresponding values of wheat flour by approximately 2.8 and 2.00 times, methionine with cystine by 1.97 times, isoleucine by 1.3 times, and tryptophan by 1.13 times. The amino acid scores of tyrosine and phenylalanine for both types of flour are practically at the same level, while the amino acid score

³ Švec I. The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features. *LWT – Food Science and Technology*. 2015. Vol. 60 (1), p. 623–629.

⁴ Mihoc M. Nutritive quality of romanian hemp varieties (*Cannabis sativa* L.) with special focus on oil and metal contents of seeds. *Chemistry Central Journal*. 2012. Vol. 6, p. 1–12.

Table 1

Mineral composition of hemp flour (n=5, p≤5)

Name	Content per 100 g of flour	
	Wheat flour wholemeal	Hemp flour
Zinc, mg	0,0007	0,17021
Potassium, mg	122	1888
Magnesium, mg	16	3490
Phosphorus, mg	86	18200
Iron, mg	1,2	161,97
Calcium, mg	16	2040
Cobalt, mg	0,0015	0,00121
Manganese,mg	0,0006	0,08891

of hemp flour is slightly lower for leucine. The amino acid score of lysine in hemp flour exceeds the value of wheat flour by 1.73 times, which is especially important, since lysine is the limiting amino acid for proteins in both types of flour.

Analyzing the carbohydrate composition, it can be noted that the total carbohydrate content in hemp flour is lower, mainly due to mono- and disaccharides by 71%, and the starch content is of particular interest, which is lower by 78% compared to wheat flour. It is worth noting that the content of dietary fiber in hemp flour is 2 times higher than in wheat flour.

The ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids in hemp flour is 1:3.6 compared to wheat flour, where the ratio is 1:16. Thus, the studied hemp flour is characterized by balance and high biological value due to the high content of essential ω -3 and ω -6 fatty acids.

The next stage was the study of the mineral composition, the results are given in Table 1.

Analysis of the mineral composition indicates a significant predominance of hemp flour over high-grade wheat flour in all studied mineral elements. The magnesium content in hemp flour is approximately 21.8 times higher than in wheat flour. A similar trend is observed for phosphorus, the content of which exceeds the indicator of wheat flour by 21.2 times, the calcium content in hemp flour is also significantly higher by approximately 12.8 times.

The use of hemp flour depends on physicochemical indicators and technological properties. The main physicochemical properties that allow us to assess the influence of additives on the formation of cookie quality are water-holding, water-absorbing and fat-retaining and fat-absorbing capacity, which affect the formation of dough (Figure 2).

The combination of these properties ensures the formation of rheological properties of the dough and affects the quality of cookies.

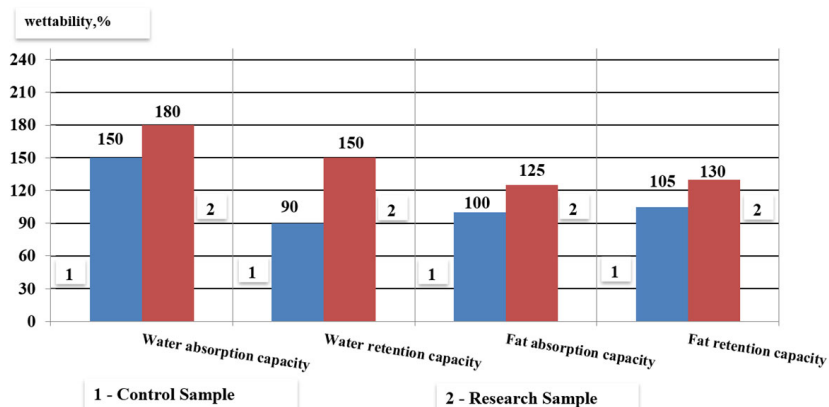


Fig. 2. Water-absorbing, fat-absorbing and fat-retaining capacity

The water-holding capacity of hemp flour is 60% higher than the indicator in the control sample. The fat-holding capacity of hemp flour is 130%, and for the control sample it is 105%, which is 25% higher. According to the established chemical composition, hemp flour contains 58% more protein, which is able to bind and retain moisture. The high concentration of dietary fiber, the content of which is 15 times higher than that of wheat flour, in combination with a reduced proportion of starch, affects the water-holding and fat-absorbing capacity of hemp flour. The obtained physicochemical indicators positively characterize hemp flour for use in a composite mixture and allow us to assume an improvement in the plasticity of the shortcrust pastry semi-finished product and obtaining the necessary friability of the finished cookies.

The quantity and quality of raw gluten in a mixture of two types of flour in different concentrations from 10% to 50% were studied. The results of the study of gluten obtained from a mixture of hemp and wheat flour, in particular its quantity, extensibility, elasticity and water-holding capacity, are given in Table 2.

Increasing the dosage of hemp flour in the mixture leads to a gradual decrease in the content of raw gluten. At the maximum studied addition (50%), this indicator decreases by 38.4% relative to the control. The water-holding capacity of the composite mixture, on the contrary, increases with an increase in the proportion of hemp flour – from 84% in the control to 120% at a dosage of 50%. The increase in hydration capacity can be explained by the significant water-absorbing capacity of hemp flour fibers and proteins. Adding hemp flour in an amount of 10...50% leads to a gradual decrease in the gluten elasticity index from 72.55 units of the IDK device in the control sample to 31.53 units of

Table 2

Compositional mixtures of wheat and hemp flour

Hemp Blend	Ratio %	Indicator			
		Raw gluten content, %	Water holding capacity, %	Elasticity, units of IDC	Extensibility, cm
Wheat Flour / Hemp Flour	100/-	25	84	72.55	13.5
	90/10	23.2	90	58.3	10
	80/20	21.24	102	51.6	4
	70/30	19.25	108	44.93	1
	60/40	17.35	114	38.23	0
	50/50	15.39	120	31.53	0

the IDK device at 50% replacement. The most critical changes were recorded in the elasticity index, when adding 30% hemp flour, the extensibility is reduced to a minimum level (1 cm), and at a dosage of 40–50%, gluten completely loses its ability to stretch. The decrease in extensibility has a positive effect on the formation of the structure of the shortcrust pastry semi-finished product.

An important feature of meals is the high content of protein and dietary fiber, minerals, especially Calcium, Magnesium, Phosphorus (Table 3). The carbohydrate composition of meals has certain features: the total carbohydrate content is up to 40%, dietary fiber is mainly represented by fiber, their content in some types is about 50% of the total amount of carbohydrates, while the polysaccharides of wheat flour are mainly represented by starch, the content of which reaches 85%. The indicated differences in the carbohydrate component of meals and wheat flour affect the dough formation process and structural and mechanical properties of the dough⁵.

The use of several types of meals in the composition allows you to balance the content and optimal ratio of minerals, amino acid composition of proteins.

It was found that hemp flour and sunflower and flax seed meals, compared to wheat flour, contain more protein – 2.5–3.5 times, fat – 4.5–10 times, the total carbohydrate content decreased almost 2 times, but the fiber content increased more than 10 times. Meals have a wide range of minerals and their content is significantly higher than in wheat flour, respectively: Potassium – 9.5–10.5 times, Calcium – 18.5–200 times, Magnesium – 15–45 times,

⁵ Lan Y. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North 90 Dakota, USA. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2019. Vol. 96. No. 12, p. 1417–1425.

Table 3
Chemical composition of meal (per 100 g of product, n=5, p≤5)

Meal Name	Name of substances							
	Protein, g	Fat, g	Carbohydrates, g	incl. Fiber, g	Ash, g	PFA,mg	Water, g	Potassium, mg
Flaxseed	30,5±0,5	10,2±0,5	39,5±0,5	35,00±0,5	1,5±0,1	8,4±0,5	12,0±0,5	790,00±5
Sesame	39,81±0,5	7,37±0,5	32,40±0,5	18,64±0,5	1,9±0,1	6,2±0,5	13,0±0,5	1194,37±5
Walnut kernels	42,74±0,5	6,32±0,5	27,50±0,5	10,85±0,5	1,8±0,1	4,5±0,5	10,5±0,5	1712,42±5
Soybean	44,7±0,5	6,0±0,5	26,3±0,5	22,9±0,5	1,4±0,1	5,4±0,5	12,2±0,5	1600±5
Sunflower	40±0,5	12,5±0,5	39,8±0,5	32,6±0,5	1,2±0,1	8,8±0,5	12,5±0,5	647±5
Milk thistle	28±0,5	9,6±0,5	34,2±0,5	30,1±0,5	1,2±0,1	7,9±0,5	13,1±0,5	920±5
Pumpkin seeds	45±0,5	9±0,5	25±0,5	21±0,5	1,5±0,1	7,6±0,5	12,2±0,5	1200±5
Coconut	22±0,5	12±0,5	55±0,5	50,8±0,5	1,3±0,1	7,4±0,5	11,0±0,5	1600±5
Rapeseed	36±0,5	3,5±0,5	35±0,5	13±0,5	7,5±0,1	7,6±0,5	11±0,5	1400±5
Mustard	35±0,5	5,0±0,5	32±0,5	12±0,5	6,5±0,1	7,0±0,5	9±0,5	1350±5
Hemp flour	28,4±0,5	12,2±0,5	31,54±0,5	15,0±0,5	8,3±0,1	8,0±0,5	10,5±0,5	1888±5

Continuation of table 3

Meal Name	Name of substances					
	Calcium, mg	Magnesium, mg	Sodium, mg	Phosphorus, mg	Iron, mg	Manganese, mg
Flaxseed	1140,00±5	380,00±5	54,00±0,5	600,00±5	77,00±1	0,77±0,02
Sesame	3542,25	1296,86±5	180,53±5	1730,27±5	146,59	–
Walnut kernels	319,47	511,47±5	7,89±0,5	1453,68±5	5,93	0,49±0,02
Soybean	217	200±±5	5±0,5	603±5	9	0,2±0,01
Sunflower	367	317±5	160±5	860±5	6,1	0,080±0,004
Milk thistle	1660	420±5	4±0,2	960±5	8	0,1±0,005
Pumpkin seeds	90	600±5	30±0,5	1150±5	16	0,35±0,01
Coconut	65	260±5	40±0,5	500±5	8,5	0,18±0,007
Rapeseed	680	500±5	15±0,4	1100±5	15	0,050±0,003
Mustard	550	480±5	12±0,4	1020±5	13	0,4±0,02
Hemp flour	2040	3490±5	7±0,4	18200±5	161,97	0,089±0,003

Phosphorus – 12–14 times, Iron – 14.5–110 times. The results obtained suggest that the use of a composition of sunflower meal, flax seed, and hemp flour in a ratio of 70:20:10 (MC) will significantly increase the nutritional value of shortbread products made with their use and optimize the ratio of Calcium, Magnesium, and Phosphorus⁶.

The inclusion of meal composition (MC) in the dough composition has a positive effect on its structural and mechanical properties, increases the nutritional value of the finished product, and helps reduce the glycemic index⁷.

Hemp flour protein consists predominantly of edestin (globulin) – 65% and albumin – 33%, unlike soybean protein, in addition, it has a high content of sulfur-containing amino acids, methionine and cysteine – 163.6%, as well as arginine and glutamic acid. According to scientists who studied the amino acid composition and physicochemical properties of hemp seeds, the digestibility of protein is higher compared to soy protein⁸.

Hemp flour has a high energy value, contains about 28% of proteins, which are balanced in amino acid composition, including: lysine, tryptophan, leucine, phenylalanine, etc. The percentage of protein absorption in hemp flour is 90.8–97.5⁹.

It should be noted that hemp seeds and their processed products are gluten-free, so they can be consumed by people with celiac disease, who are contraindicated in oats, wheat, rye and barley.

To determine the possibility of using MC in flour mixtures for dough compositions, it was important to investigate their most important functional and technological properties, including those that most affect the structure and quality of the dough. Traditional shortcrust pastry is an emulsion system, the main components of which are wheat flour, butter, sugar¹⁰.

A feature of obtaining high-quality shortcrust pastry is quick kneading in order to prevent the dough from tightening due to the absorption of water by gluten and starch in flour. Therefore, one of the most important functional and technological properties of meals is their water-absorbing, fat-absorbing,

⁶ Radočaj O., Dimić E., Tsao R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *Journal of Food Science*, 2014. No. 79, p. 318–325.

⁷ Blazhenko M., Falendysh N., Shpak V. Effect of hemp seed by-products on wheat dough fermentation. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Volume 13. Issue 4. P. 737.

⁸ Marchenko Zh. Yu., Primakov O. A. Hemp farming in Ukraine – a modern stage of development and opportunities. Bast and industrial crops. *Euphytic, International Journal of Plant Breeding*. 2020. Volume 140, p. 65–72.

⁹ Crimaldi M., Faugno S., Sannino M., Ardito L. Optimization of Hemp Seeds (*Canapa Sativa* L.) Oil Mechanical Extraction. *Chemical engineering transactions*. 2017. Vol. 58, p. 373–378.

¹⁰ Dorokhovych V. V. Determination of the influence of sunflower seed meal on the structural parameters of dough and physicochemical parameters of shortbread cookies. *Scientific works of the National Institute of Chemistry and Food Technology*. 2021. Volume 27. No. 1. P. 160–167.

fat-retaining ability, because these characteristics significantly affect the formation of dough.

It was found that the water-absorbing, fat-absorbing and fat-retaining capacity of MC is on average 20%, 18% and 48% higher than that of wheat flour, respectively, which is explained by the higher content of protein, dietary fiber, which, as is known, have a higher water-absorbing capacity than wheat flour starch. The results obtained suggest that the use of MC in the recipe of shortcrust pastry should provide better quality, because they will compete with starch and gluten of wheat flour for water.

The addition of MC causes a change in the structural and mechanical properties of shortcrust pastry, reduces plastic and elastic properties, which is explained primarily by a decrease in gluten content, due to the fact that MC prevents the formation of a gluten framework¹¹.

An important technological characteristic of the dough is its moisture content. Accordingly, the moisture content of shortcrust pastry is 18.5–19.5%. In the experimental samples, the content of hydrated gluten is lower, due to the fact that wheat flour starch and dietary fibers and proteins of MC compete for moisture, which have a higher hydration capacity, which will allow obtaining a plastic dough structure¹².

A technological scheme for the production of shortcrust pastry (biscuits) from MC has been developed.

The proposed technology is carried out in V stages.

Stage I. Preparation of raw materials for production. Wheat flour of high-grade, sugar, MC are sieved on sieves of appropriate sizes ($d = 1.4 \times 10^{-3}$ m). Butter is cleaned, tempered to $25 \pm 1^\circ\text{C}$, cut into pieces.

Stage II. Preparation of shortcrust pastry is carried out in two stages:

first, an emulsion is prepared from all raw materials, except wheat flour of high-grade and MC flax, then pre-mixed wheat flour with MC is added to the emulsion and mixed until a homogeneous plastic mass is formed. The humidity of the formed dough is $20.0 \pm 1\%$.

Stage III. Forming of products. The finished dough is cut into pieces and rolled out to a thickness ($h = 4...5 \times 10^{-3}$ cm) and formed depending on the assortment of shortcrust pastry, then spread on a pastry sheet.

Stage IV. Baking-drying. The formed products are baked at a temperature of $220\text{--}225^\circ\text{C}$ for 10–12 minutes. The moisture content of the shortbread is $5.0 \pm 0.2\%$.

¹¹ Medvedeva A. O., Antonyuk I. Yu. Technology of biscuits and muffins of increased nutritional and biological value. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. V. P. 10.

¹² Struk O., Grytsyk A., Mikitin M., Obodianskyi M., Stasiv T., Svirskia S. Research of biologically active substances of hemp seeds, hemp seed oil and hemp pomace. *Science Rise: Pharmaceutical Science*. 2022. No. 5 (39). P. 46–54.

Stage V. Cooling and packaging. The shortbread semi-finished product is cooled to a temperature of $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ on baking sheets. The cooled shortbread semi-finished product is packed in packs, boxes or bags made of heat-sealing paper, corrugated boxes, in accordance with current regulatory documentation, which ensure the tightness of the packaging and are allowed for use and contact with food products.

The influence of the meal composition on the physicochemical properties was determined in accordance with the requirements of DSTU 3781:2014 by the following indicators: moisture, alkalinity, wettability. The results of the study of the physicochemical indicators of flour confectionery shortbread products with shortbread are given in Table 4.

The studied physical and chemical indicators are within the regulatory limits of the State Standard of Ukraine.

The hydration capacity of gluten in the experimental samples is lower than in the control by 25%, which allows to reduce the baking time by 3 min, and the final humidity of the experimental shortbread product and the control is $5.0\pm 0.2\%$

The wettability of the control sample is lower than the experimental sample. Thus, when baking a shortbread semi-finished product for 12 min at a temperature of 225°C , the wettability of the control is 160%, and of the experimental sample – 168%. The wettability of the experimental samples is higher than the control, which is explained by the content of dietary fiber in the meals and a smaller amount of starch in the recipe.

The studied chemical composition of the control and experimental samples (Table 5).

The results of the table indicate that MC increase the nutritional value of shortbread cookies for all studied components. According to the results of the conducted studies, it was found that when adding the MC composition, the protein content increased by 84.31%, and fiber by 188.33%. Among the mineral substances, the content of Potassium increased by 3 times, Calcium by 8 times,

Table 4

Physico-chemical indicators of baked shortcrust pastry, $n=5$, $p\leq 0.05$

Baked shortcrust pastry semi-finished product	Humidity, %	Alkalinity, degrees	Wettability, %
DSTU requirements	2.0–8.5	2.0	150
3781:2014	5.0 ± 0.2	1.2 ± 0.06	160 ± 5
Control sample	5.0 ± 0.2	1.2 ± 0.06	168 ± 4
Research sample*	5.0 ± 0.2	1.2 ± 0.06	168 ± 4

*Note: * – baked shortcrust pastry with 20% MC.*

Table 5

**Analysis of the chemical composition of sand products with meal
(per 100 g) n=5, p≤0.05**

Nutrient Name	Shortbread cookies (control)	Shortbread cookies with 20% MC
Protein, g	5.1±0.2	9.4±0.30
Fat, g	18.50±0.5	19.10±0.5
Carbohydrates, g	68.90±0.5	65.70±0.5
Fiber, g	1.80±0.09	5.19±0.20
Water, g	5.0±0.2	5.0±0.2
Energy Value, kcal	451±10	446.4±10
Macroelements, mg		
Potassium	58.0±0.4	179.43±0.50
Calcium	14.0±0.2	112.67±0.40
Magnesium	12.0±0.2	68.90±0.50
Sodium	10.0±0.1	15.25±0.20
Phosphorus	50.0±0.4	166.85±0.40
Iron	0.8±0.04	4.76±0.20

Magnesium by 5 times, Phosphorus by 3 times, Iron by 5 times, and the ratio Mg:Ca:P approaches the recommended one and is 0.58:1:1.52.

The studied amino acid composition of shortbread products (Table 6).

According to the obtained data, the limiting amino acid in the sample from CS is Lysine, but the amino acid ratio is higher, and the total content of amino acids in the developed products is higher.

Table 6

**Amino acid composition of sand semi-finished product from CS, mg
per 100 g, n=5, p≤0.05**

Name of the indicator	Recommended by FAO/WHO, mg/100 g	Shortbread cookies (control)	Shortbread cookies with MC, %	AA scor., %
Essential AA, mg				
Valine	5000	352±2	535.87±2	10.72
Isoleucine	4000	310±2	463.56±2	11.59
Leucine	7000	584±3	820.45±2	11.72
Lysine	5500	246±2	358.27±2	6.51
Methionine	3500	212±2	275.29±2	7.87
Threonine	4000	271±2	290.60±2	7.27
Tryptophan	1000	85±0.5	281.90±2	28.19
Phenylalanine	6000	490±2	496.68±3	8.28
Total essential amino acids, mg		2550±4	3522±3	—

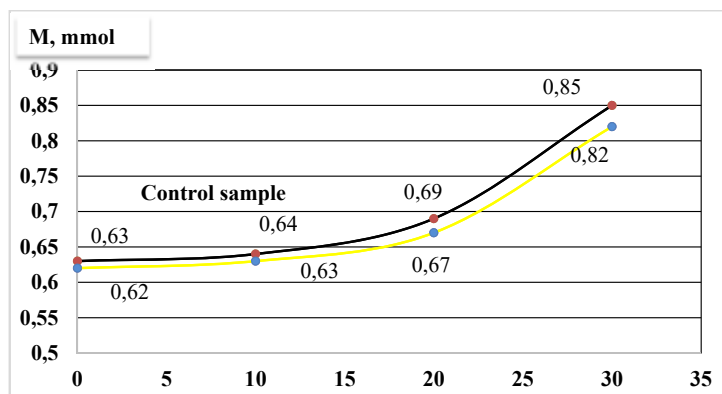


Fig. 3. Peroxide value indicators of sand product samples during storage

One of the important indicators of the consumer value of confectionery products is their shelf life. The microbiological indicators of finished products were studied during storage for 30 days in sealed cardboard packaging at a relative humidity of not more than 75% (Table 7).

As shown by the obtained data, the microbiological indicators of the products do not exceed the norm of DSTU 3781:2014.

Table 7

Microbiological indicators

Indicator name	Cookie		Control method
	sugar glaze	sugar, shortbread, glazed pastries of all kinds	
Mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, CFU in 1 g, not more than	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	According to GOST 10444.15
Product weight (g), in which it is not permissible:			According to GOST 10444.15
– bacteria of the Escherichia coli group (coliforms);	0.1	0.1	
– pathogenic microorganisms, in particular bacteria of the genus Salmonella	25	25	
Mold fungi, CFU in 1 g not more than	–	100	According to GOST 10444.12
Yeast, CFU in 1 g. not more than	–	50	According to GOST 10444.12

Shortcrust pastry is characterized by a high fat content, so it was important to determine the degree of its oxidation during storage.

As shown by the studies of the peroxide value of fat immediately after preparation of the experimental sample was 0.62 ± 0.03 Mmol/100 g of active oxygen, the control sample was 0.63 ± 0.03 Mmol/100 g of active oxygen. After 30 days of storage, these indicators were respectively: 0.8 ± 0.03 Mmol/100 g of active oxygen, respectively, in the traditional product 0.85 ± 0.03 Mmol/100 g of active oxygen.

At the next stage, the microbiological safety indicators of sand products were studied. During storage, the presence of *Escherichia coli* bacteria, pathogenic microorganisms and mold was not detected (table). The content of toxic elements did not exceed the maximum permissible concentrations provided for by San PiN 42-123-4089 (Table 7).

The content of toxic elements in cookies should not exceed the maximum permissible concentrations provided for by the Ministry of Health and SN No. 5061 and indicated in Table 8.

Table 8

Toxic element content

Toxic element name	Maximum permissible levels, mg/kg, not more than	Control methods
Lead	0.5	According to GOST 26932
Cadmium	0.1	According to GOST 26933
Arsenic	0.3	According to GOST 26930
Mercury	0.02	According to GOST 26927

CONCLUSIONS

Based on the conducted research, a concept for a comprehensive solution to the problem was developed – the creation of flour confectionery products using new types of processed products of plant origin, which are characterized by a high content of biologically active substances and the use of which will allow to increase the nutritional and biological value, to provide certain therapeutic and prophylactic properties to the developed food products. A methodology for optimizing flour confectionery recipes was proposed and implemented, taking into account modern provisions of nutrition. A justified choice of plant additives, including oilseed meal and hemp flour, was made, and regulated levels of their content in flour confectionery products made of shortcrust pastry were determined.

Theoretical and experimental studies determined their functional and technological properties. The effectiveness of their use in compositions

was proven in order to maximize the degree of use of biologically active substances, improve the organoleptic and rheological characteristics of products. The possibility of regulating the functional and technological properties of oilseed meal and hemp flour and predicting the quality of flour confectionery products with their use has been proven. Using mathematical optimization methods, technologies and recipes have been scientifically substantiated and developed, and their comprehensive quality assessment has been carried out.

SUMMARY

Improving the structure of nutrition of the population of Ukraine involves increasing the production of food products, thanks to the improvement of existing ones and the creation of new technologies. Real food products are unbalanced in their chemical composition and do not contain essential nutrients in the required quantities and ratios. The search for natural food substances of plant origin that are able to increase the resistance of the human body to the negative impact of the environment due to antioxidant, antitoxic activity is relevant.

This study focuses on establishing the scientific and methodological framework for formulating food products with balanced chemical profiles by incorporating biologically active plant raw materials. Advancing waste-free, comprehensive processing of valuable plant resources stands as an urgent task for the industry. These processing by-products retain a high concentration of biologically active compounds in their native proportions, ensuring optimal bioavailability and assimilation by the human body.

The use of oilseed meals allows you to enrich the chemical composition of flour confectionery products with protein, lipids, dietary fiber, vitamins and minerals, they have pronounced sorption, antioxidant, detoxifying, complex-forming properties

Bibliography

1. Rusu I. E., Marc R. A., Mureșan C. C. Hemp (*Cannabis sativa* L.) flour-based wheat bread as fortified bakery product. *Plants*, 2021. No. 10(8), p. 155.
2. Sheludko V. M., Kholobtseva I. P. Legumes in the technology of flour confectionery products. Improving the technology of butter cookies enriched with calcium by using protein-mineral additives. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021. No. 4(11(112)), p. 42–49.
3. Švec I. The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features. *LWT – Food Science and Technology*. 2015. Vol. 60 (1), p. 623–629.

4. Mihoc M. Nutritive quality of romanian hemp varieties (*Cannabis sativa* L.) with special focus on oil and metal contents of seeds. *Chemistry Central Journal*. 2012. Vol. 6, p. 1–12.
5. Lan Y. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North 90 Dakota, USA. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2019. Vol. 96. No. 12, p. 1417–1425.
6. Radočaj O., Dimić E., Tsao R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *Journal of Food Science*, 2014. No. 79, p. 318–325.
7. Blazhenko M., Falendysh N., Shpak V. Effect of hemp seed by-products on wheat dough fermentation. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Volume 13. Issue 4. P. 737.
8. Marchenko Zh. Yu., Primakov O. A. Hemp farming in Ukraine – a modern stage of development and opportunities. Bast and industrial crops. *Euphytic, International Journal of Plant Breeding*. 2020. Volume 140, p. 65–72.
9. Crimaldi M., Faugno S., Sannino M., Ardito L. Optimization of Hemp Seeds (*Canapa Sativa* L.) Oil Mechanical Extraction. *Chemical engineering transactions*. 2017. Vol. 58, p. 373–378.
10. Dorokhovych V. V. Determination of the influence of sunflower seed meal on the structural parameters of dough and physicochemical parameters of shortbread cookies. *Scientific works of the National Institute of Chemistry and Food Technology*. 2021. Volume 27. No. 1. P. 160–167.
11. Medvedeva A. O., Antonyuk I. Yu. Technology of biscuits and muffins of increased nutritional and biological value. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2023. V. P. 10.
12. Struk O., Grytsyk A., Mikitin M., Obodianskyi M., Stasiv T., Svirska S. Research of biologically active substances of hemp seeds, hemp seed oil and hemp pomace. *Science Rise: Pharmaceutical Science*. 2022. No. 5 (39). P. 46–54.

Information about the authors:

Kravchenko Mykhailo Fedorovych,

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Mykhaylyk Vitalii Serhiyovych,

Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Restaurant and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

Italiantsev Volodymyr Volodymyrovych,

Postgraduate Student at the Department of Restaurant
and Craft Technologies
State University of Trade and Economics
19, Kyoto Street, Kyiv, Ukraine

STUDY OF THE ELASTIC-PLASTIC PROPERTIES OF GLUED PIG INTESTINAL FILMS SUBJECTED TO TANNING AND PLASTICIZATION

Pak A. O., Onyshchenko V. M., Onyshchenko A. V.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-23>

INTRODUCTION

Modern global problems of resource conservation¹ and lean production², the use of effective tools and methodologies of the closed-loop economy³ indicate the expediency of constant searches for reducing losses and residues of unused food raw materials. Effective technologies for creating added value as a result of resource-saving solutions should provide not only profit to a specific manufacturing enterprise. The relevance of solving the above problems is also inextricably linked to the environmental consequences of the formation and disposal of unclaimed waste, which should be considered from the social aspects of waste management⁴. At the same time, innovations in livestock and the meat industry inevitably lead to the need to improve and change technological approaches to raw material processing, to develop technical solutions for the implementation of substantiated proposals for the controlled modification of its physicochemical properties.

¹ Клешов А. Й., Хюгі К., Хенгевосс Д., Масліков М. М. Ресурсоефективне та чисте виробництво у м'ясній промисловості. К.: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2018. 68 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/330442289_Resursoefektivne_ta_chiste_virobnictvo_u_m'asnij_promislovosti_Resource_efficient_and_cleaner_production_for_meat_sector/citations

² Palomino A., Carhuamaca N., Mota L. Systematic review on lean manufacturing in the productivity of the food industry // Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship: 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development. July 17-19, 2024. Costa Rica. Paper 325. URL: <http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.325>

³ Ciccullo F., Cagliano R., Bartezzaghi G., Perego A. Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies // Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 164. 105114. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105114>

⁴ Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти: монографія / За заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми: Сумський державний університет, 2023. 313 с. URL: <https://suem.edu.ua/storage/doc/aspirantura/naukova-aktyvnist/tsyrkuliarna-ekonomika.pdf>

As for intestinal products, its main consumer remains sausage production, which uses natural casings for the manufacture of sausage products of all types. The universal properties of these natural containers allow for various technological effects (both thermal and mechanical), which ensure the formation of identification features of a wide range of sausage products in casings. Due to their natural properties, technical characteristics and consumer benefits associated with a stable trend towards naturalness, intestinal casings not only withstand competition with artificial analogues – polymers of various origins, but also effectively bring minced meat products with their use to the elite ranks, increasing the competitiveness of meat industry enterprises⁵.

Along with this, the intensification of farming, increasing the moisture content of minced meat, the need to mechanize technological processes for the production of sausage products have significantly increased the amount of waste of natural casings in intestinal and sausage production in recent years⁶, which in total reaches 30%. The solution to the problem of rational use of casing residues is the active introduction of glued film technologies. Today, a number of solutions have been proposed to eliminate the main drawback of such shells – the reversibility of the natural cohesive bond, which is formed as a result of drying the connected films, in a humid environment. These solutions consist in changing the physicochemical properties of the intestinal raw materials and achieving a state of irreversibility as a result of measures for their physical and chemical crosslinking⁷.

Among the wide variety of intestinal products (both by species and anatomical-production names), given the distribution, the predominant share in the set of intestines, technological aspects of processing and mechanical characteristics of the final product, pork intestines, as a raw material that forms significant residues at all technological stages (from processing to use in sausage production), can potentially be involved in the manufacture of conditioned products and requires special attention.

The effectiveness of tanning in order to obtain high and stable mechanical characteristics in the technology of glued intestinal films from pork intestines, on the one hand, and significant losses of elasticity, characterized by the degree

⁵ Онищенко В. М., Шубіна Л. Ю., Янчева М. О. Наукові та практичні аспекти виробництва і застосування натуральних ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2009. 149 с.

⁶ Михайлов В. М., Онищенко В. М., Янчева М. О., Шубіна Л. Ю. Дослідження захисних властивостей і безпеки кишкових ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2021. 107 с. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/21615/1/Mon_zakhysni%20obolonky_2021.pdf

⁷ Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Інжиянц С. Т. Обґрунтування технології склеєних кишкових ковбасних оболонок, армованих тепловою коагуляцією і дубленням: монографія. Харків: ДБТУ, 2022. 105 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/22535>

of stretching, pose the task of studying the ways of forming their elastic-plastic properties that will correspond to the regimes of sausage technology. It is known that such tasks in the technology of film materials are traditionally solved by plasticization⁸.

Obviously, under the action of load, film materials are deformed. This is due to the fact that the load causes the particles of this material to move relative to each other. Types of deformation are divided into reversible and irreversible, respectively, reversible deformations disappear after the end of the applied forces, and irreversible ones remain. For sausage casings, which are sleeve-shaped films, such elastic-plastic properties are one of the defining functional and technological properties that characterize this product.

Thus, the study of the elastic-plastic properties of glued pork intestinal films made from pork intestines and subjected to tanning and plasticization is relevant.

1. The aim, objects, subject, materials and methods of the study

The aim of the study is research of the elastic-plastic properties of glued pork intestinal films subjected to tanning and plasticization, and to establish the stress values corresponding to the destruction of the studied films, i.e. their rupture.

The study used samples of the following glued pork intestinal films from manufactured stomachs (sleeve-shaped):

- manufactured using traditional technology;
- additionally strengthened by cross-linking using continuous tanning with an aqueous tannin solution;
- additionally strengthened by cross-linking using continuous tanning with an aqueous tannin solution and plasticization with glycerin.

The control in the conducted studies was the first sample. Glued intestinal films of a sleeve shape were obtained by traditional technology by superimposing strips of intestinal films on a cylindrical shape one on top of the other with a partial overlap of the edge sections of 10–20 mm, after which they were dried, as a result of which the primary natural adhesion was formed.

The regularities of changes in the elastic-plastic properties of glued pork intestinal films were studied by modifying their properties in reasonable rational ranges of tannin concentration from 1.0% to 2.0% and glycerin 5%⁹.

⁸ Said M. I., Erwanto Y., Abustam E. Properties of Edible Film Produced using Combination of Collagen Extracts of Bligon Goatskin with Glycerol // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. Vol. 11, No 4. P. 151-159. URL: <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2016.151.159>

⁹ Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Инжиянц С. Т. Обґрунтування технології склеєних кишкових ковбасних оболонкок, армованих тепловою коагуляцією і дубленням: монографія. Харків: ДБТУ, 2022. 105 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/22535>

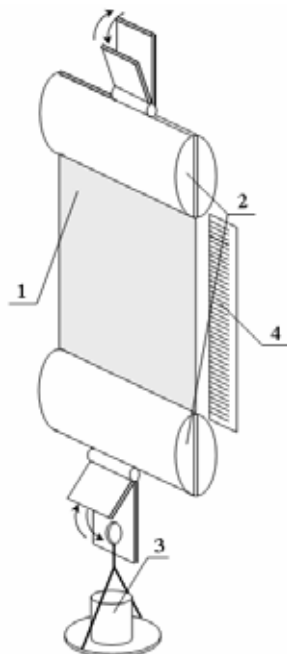


Fig. 1. Scheme of the unit for studying the elastic-plastic properties of glued pig intestinal films: 1 – test sample; 2 – holder-clamp; 3 – variable load; 4 – ruler for measuring the change in length during loading

It should be noted that the main task was to identify the influence of continuous tanning, which is obviously technically simpler from the point of view of implementing the process of modification transformations. Local processing allows avoiding significant irreversible changes in elastic-plastic properties, however, it requires the introduction of additional structural and hardware solutions, which cannot but affect the cost of the resulting finished product. developments. In the presented study, intestinal films stitched by local thermal coagulation and local tanning were not studied. This is due to the fact that additional stitching, both by the first and second methods, is carried out on limited areas determined by the area of their overlap. As a result of such an effect, the change in the elastic properties of the specified film material is not significant and does not significantly affect the overall compliance with the characteristics of traditional natural

casings¹⁰. Based on this, it is assumed that the elastic-plastic properties of glued intestinal films stitched by local thermal coagulation and local tanning differ slightly from the similar characteristics of the sample chosen as the control in this study.

Fig. 1 shows a diagram of the unit for studying the elastic-plastic properties of the studied samples.

In general, the essence of determining the elastic-plastic properties of glued pork intestinal films is as follows. The sample under study is placed between the clamps-holders, to one of which a bowl with a load is attached. The load is increased discretely, while recording the increase in the length of the sample along the ruler. The gradual increase in the load is carried out until the destruction of the sample under study, that is, until it breaks.

According to the obtained experimental data, a stress diagram was constructed, which represents the relationship between longitudinal deformation and normal stress.

Longitudinal deformation ε was calculated by the formula:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (1)$$

where l – the initial length of the sample, m; Δl – the change in the length of the sample, m.

Normal stress was calculated as the force F acting per unit cross-sectional area of the sample S of the sample:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{d \cdot h}, \quad (2)$$

where m – the mass of the variable load, kg; g – the acceleration of gravity, m/s²; d – the thickness of the intestinal film under study, m; h – the width of the intestinal film under study, m.

2. Results of the study and their discussion

The obtained stress diagram for the studied samples is shown in Fig. 2.

The diagrams of the samples have a similar character, they differ in different values of the normal stress of the characteristic points and the magnitude of the longitudinal deformation that correspond to them.

¹⁰ Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Onyshchenko A., Grynenko N., Pak A., Inzhyants S. Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // Food Science and Technology. 2024. Vol. 18, Issue 1. P. 73-83. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2850>

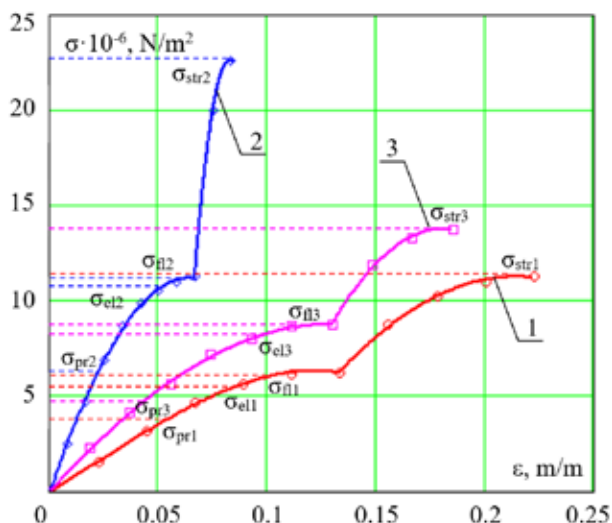


Fig. 2. Stress diagram of samples: 1 – glued pig intestinal films; 2 – pig intestinal films glued by the method of continuous tanning with a solution with a tannin concentration of 1.5%; 3 – pig intestinal films glued by the method of continuous tanning with a solution with a tannin concentration of 1.5%, with plasticization with a 5% aqueous solution of glycerin

A linear section can be distinguished on the diagram, which corresponds to the linear dependence of the longitudinal deformation on the shear stress, where the deformation is subject to Hooke's law. The boundaries of this section, the proportionality boundary, correspond to the stress σ_{pr} .

With a further increase in the normal stress, the deformation is still elastic, although the dependence of the longitudinal deformation on the stress is nonlinear. In this case, up to the elastic limit σ_{el} , final deformations do not occur.

Beyond the elastic limit, final deformations occur in the samples. Significant final deformations occur when the yield point σ_{σ} is reached.

With further stretching of the sample, the body is destroyed. The characteristic of the maximum stress that occurs in the tested sample before failure is the ultimate strength σ_{str} .

The values of normal stress corresponding to the proportionality limit σ_{pr} , the elastic limit σ_{el} , the yield limit σ_{σ} and the tensile strength limit σ_{str} are given in Table 1.

From the data given in Table 1 and the elasticity diagrams presented in Fig. 1, it is clear that the control glued intestinal films have the greatest

Table 1

**Normal stress values for characteristic points of the elasticity diagrams
of the studied glued intestinal films**

Samples of glued pork intestinal films	$\sigma_{pr} \cdot 10^{-6}$, N/m²	$\sigma_{el} \cdot 10^{-6}$, N/m²	$\sigma_{li} \cdot 10^{-6}$, N/m²	$\sigma_{str} \cdot 10^{-6}$, N/m²
Made using traditional technology	3,86	5,44	6,04	11,25
Additionally strengthened by crosslinking using continuous tanning with 1.5% aqueous tannin solution	6,42	10,77	11,14	22,77
Additionally strengthened by crosslinking using continuous tanning with 1.5% aqueous tannin solution and plasticization with 5% aqueous glycerin solution	4,76	8,41	8,85	13,91

elasticity among the studied samples, and the glued intestinal films subjected to tanning have the least. The maximum longitudinal deformation for the control sample is 2.68 times greater than that of the glued tanned intestinal films and 1.21 times greater than that of the glued tanned intestinal films with glycerin plasticization.

At the same time, the glued intestinal films subjected to tanning with a solution with a tannin concentration of 1.5% have the greatest strength among the studied samples, and the control samples of glued intestinal films have the least. The maximum shear stress for the sample of glued tanned intestinal films is 2 times higher compared to the control sample and 1.64 times higher compared to the sample of glued intestinal films subjected to tanning with a solution with a tannin concentration of 1.5% and plasticized with 5% glycerin.

Thus, tanning of glued intestinal films contributes to an increase in their strength and a decrease in their elasticity. However, experimental studies have shown that plasticization of such films with glycerin contributes to an increase in their elasticity by 1.33 times, provided that the strength decreases by 39%. That is, it is possible to bring glued tanned films closer to the control sample in terms of elasticity by plasticizing them with glycerin, while maintaining their strength characteristics.

However, it should be noted that the elasticity and strength of glued tanned intestinal films significantly depend on the concentration of tannin in the tanning solution. Therefore, studies of the elastic-plastic properties of intestinal films glued by tanning were carried out depending on the concentration of the tannin.

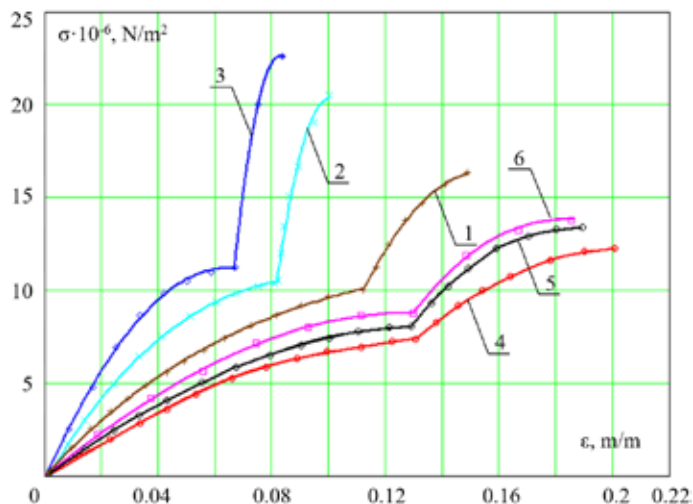


Fig. 3. Stress diagram of intestinal film samples: additionally cross-linked by the method of continuous tanning with a solution with a tannin concentration, %: 1 – 1.0; 2 – 1.5; 3 – 2.0; additionally cross-linked by the method of continuous tanning with a solution with a tannin concentration, %: 4 – 1.0; 5 – 1.5; 6 – 2.0 with glycerol plasticization

In this case, the concentration of the tannin, namely tannin, varied discretely in the range from 1.0% to 2.0%.

Stress diagrams for intestinal films additionally cross-linked by tanning with tannin concentrations in the tanning solution of 1.0%, 1.5%, 2.0%, as well as for the same samples plasticized with glycerin, are shown in Fig. 3.

From the given stress diagrams, it is clear that they have the same character. At the same time, with a decrease in the tannin concentration in the tanning solution, the strength of intestinal films additionally cross-linked by tanning, namely, their breaking load, decreases. At the same time, a decrease in the concentration of tannin in the tanning solution contributes to an increase in the elastic properties of this product. A similar trend is observed for the same tanned intestinal films provided that they are plasticized, which is obvious.

It should be noted that with a uniform change in the tannin concentration in the tanning solution (by 0.5%), the maximum stress, and, accordingly, the breaking load, does not change uniformly, as evidenced by the different distance between the stress diagrams of the studied samples.

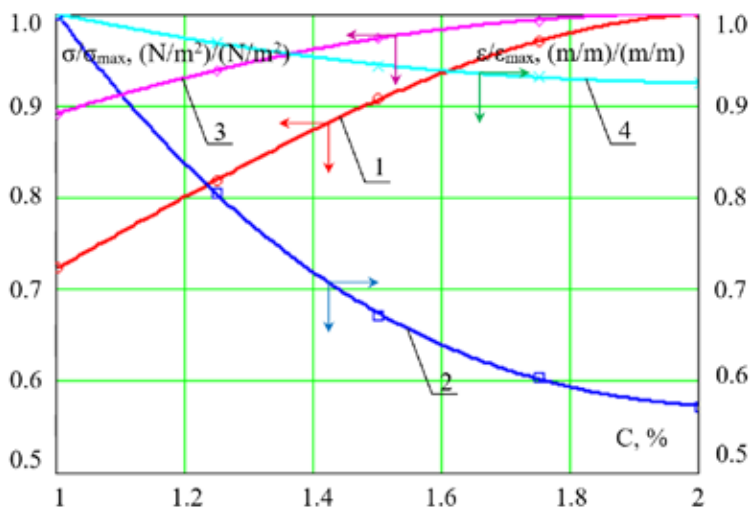


Fig. 4. Dependences of maximum stress and maximum longitudinal deformation on tannin concentration for intestinal films additionally cross-linked by tanning (1 and 2, respectively), and for the same samples plasticized with glycerin (3 and 4, respectively)

Fig. 4 shows the dependences of the maximum stress and maximum longitudinal deformation on the tannin concentration for intestinal films additionally cross-linked by tanning, as well as for the same samples plasticized with glycerin.

The indicated dependences are nonlinear, both for only tanned samples and for tanned and plasticized with glycerin. At the same time, an increase in the tannin concentration in the tanning solution entails an increase in the strength of intestinal films additionally cross-linked by tanning, and a decrease in their elasticity, both for plasticized with glycerin and for tanned intestinal films without this treatment.

The obtained experimental dependences of maximum stress on tannin concentration for glycerin-plasticized samples and samples without plasticization were approximated by a second-order polynomial function, i.e. a function of the form:

$$\sigma(C) = a_0 + a_1 \cdot C + a_2 \cdot C^2, \quad (3)$$

where C – the concentration of tannin in the tanning solution, %;
 a_i – approximation coefficients.

Approximation coefficients for the obtained empirical dependences are equal to:

– for the dependence of the maximum tension on the concentration of tannin for intestinal films additionally cross-linked by tanning, N/m^2 : $a_0 = 1.742$; $a_1 = 18.615$; $a_2 = 4.085$;

– for the dependence of the maximum tension on the concentration of tannin for intestinal films additionally cross-linked by tanning and plasticized with glycerin, N/m^2 : $a_0 = 7.73$; $a_1 = 6.044$; $a_2 = -1.518$;

The experimental dependences of the maximum longitudinal strain on tannin concentration for samples plasticized with glycerol and samples without plasticization were also approximated by a second-order polynomial function, that is, a function of the form:

$$\varepsilon(C) = b_0 + b_1 \cdot C + b_2 \cdot C^2, \quad (4)$$

where C – tannin concentration in the tanning solution, %; b_i – approximation coefficients.

Approximation coefficients for the obtained empirical dependences are equal to:

– for the dependence of the maximum longitudinal deformation on the tannin concentration for intestinal films, additionally cross-linked by tanning, m/m : $b_0 = 0.035$; $b_1 = -0.264$; $b_2 = 0.067$;

– for the dependence of the maximum longitudinal deformation on the tannin concentration for intestinal films, additionally cross-linked by tanning and plasticized with glycerin, m/m : $b_0 = 0.24$; $b_1 = -0.058$; $b_2 = 0.014$.

The obtained approximation functions are empirical dependences, respectively, of the maximum stress and the maximum longitudinal deformation on the tannin concentration in the tanning solution in the range from 1.0 to 2.0 % for intestinal films, additionally cross-linked by tanning, and for intestinal shells, additionally cross-linked by tanning and plasticized with glycerin.

Thus, it was established that the elastic-plastic properties of glued intestinal films made from pig intestines, additionally cross-linked by the continuous tanning method, and films additionally cross-linked by the continuous tanning method with subsequent plasticization with glycerin, nonlinearly depend on the tannin concentration in the tanning solution in the concentration range from 1.0% to 2.0%. Empirical regularities for these dependencies, which are second-order polynomial functions, have been established.

CONCLUSIONS

1. Among the wide variety of intestinal products, given the distribution, the predominant share in the set of intestines, technological aspects of processing and mechanical characteristics of the final product, pork intestines, as a raw material that forms significant residues at all technological stages (from processing to use in sausage production), can potentially be involved in the manufacture of conditioned products – natural edible films of a wide purpose and requires special attention. This approach is consistent with the modern global policy in the field of food resource conservation, lean production and the use of effective tools and methodologies of the closed-loop economy.

2. The feasibility of the tasks set is substantiated, which consists in the relevance of identifying the impact of continuous tanning of glued pork intestinal films. This approach is obviously technically simpler from the point of view of implementing the process of modification transformations compared to local processing, which allows to avoid significant irreversible changes in the elastic-plastic properties of intestinal films, however, requires the introduction of additional structural and hardware solutions, which cannot but affect the cost of the resulting finished product. development.

3. It was established that greater elasticity is characteristic of control films, the smallest – for samples subjected to tanning. The maximum longitudinal deformation for the control sample is 2.68 times greater compared to the sample of glued tanned intestinal films and 1.21 times greater compared to the sample of glued tanned intestinal films with glycerol plasticization. At the same time, the films subjected to tanning have the greatest strength, and the control samples have the smallest. The maximum shear stress for samples of tanned intestinal films is 2 times higher compared to the control sample and 1.64 times higher compared to the tanned and plasticized sample. Along with this, plasticization of such films with glycerin helps to increase their elasticity by 1.33 times, provided that the strength decreases by 39%. That is, there is a possibility, by plasticizing glued tanned films with glycerin, to bring them closer to the control sample in terms of elasticity, while maintaining their strength characteristics.

SUMMARY

The relevance of introducing resource-saving solutions in the meat industry is substantiated. The results of controlled modification of the physicochemical properties and improvement of the technology of glued intestinal films from pig intestines subjected to tanning and plasticization are obtained.

The study used samples of glued pork intestinal films from manufactured products of sleeve-shaped intestines, manufactured using traditional technology,

additionally strengthened by cross-linking using continuous tannin tanning and using continuous tannin tanning and plasticization with glycerin.

The elastic-plastic properties of glued pork intestinal films subjected to tanning and plasticization are studied. The stress value corresponding to the destruction of the studied film samples is established. It is shown that plasticization of films with glycerin contributes to an increase in their elasticity by 1.33 times, provided that the strength decreases by 39%. That is, it is possible to plasticize glued tanned films with glycerin to bring them closer to the control sample in terms of elasticity, while maintaining their strength characteristics.

Bibliography

1. Клещов А. Й., Хюгі К., Хенгевосс Д., Масліков М. М. Ресурсо-ефективне та чисте виробництво у м'ясній промисловості. К.: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2018. 68 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/330442289_Resource_efficient_and_cleaner_production_for_meat_sector/citations

2. Palomino A., Carhuamaca N., Mota L. Systematic review on lean manufacturing in the productivity of the food industry // Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship: 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development. July 17-19, 2024. Costa Rica. Paper 325. URL: <http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.325>

3. Ciccullo F., Cagliano R., Bartezzaghi G., Perego A. Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies // Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 164. 105114. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105114>

4. Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти: монографія / За заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми: Сумський державний університет, 2023. 313 с. URL: <https://suem.edu.ua/storage/doc/aspirantura/naukova-aktyvnist/tsyrkuliarna-ekonomika.pdf>

5. Онищенко В. М., Шубіна Л. Ю., Янчева М. О. Наукові та практичні аспекти виробництва і застосування натуральних ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2009. 149 с.

6. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Янчева М. О., Шубіна Л. Ю. Дослідження захисних властивостей і безпечності кишкових ковбасних оболонок: монографія. Харків: ХДУХТ, 2021. 107 с. URL: <https://repo.btu>

kharkov.ua/bitstream/123456789/21615/1/Mon_zakhysni%20obolonky_2021.pdf

7. Михайлов В. М., Онищенко В. М., Пак А. О., Інжиянц С. Т. Обґрунтування технології склесних кишкових ковбасних оболонкок, армованих тепловою коагуляцією і дубленням: монографія. Харків: ДБТУ, 2022. 105 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/22535>

8. Said M. I., Erwanto Y., Abustam E. Properties of Edible Film Produced using Combination of Collagen Extracts of Bligon Goatskin with Glycerol // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. Vol. 11, No 4. P. 151–159. URL: <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2016.151.159>

9. Pak A., Onishchenko V., Yancheva M., Onyshchenko A., Grynchenko N., Pak A., Inzhyants S. Formation of functional and technological properties of the film from intestinal raw materials during the drying process // Food Science and Technology. 2024. Vol. 18, Issue 1. P. 73-83. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2850>

Information about the authors:

Pak Andrii Olegovych,

Doctor of Technical Sciences,
Head of the Department of Physics and Mathematics
State Biotechnological University
44, Alchevskyh street, Kharkiv, Ukraine

Onyshchenko Viacheslav Mykolaiovych,

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Meat Technology
State Biotechnological University
44, Alchevskyh street, Kharkiv, Ukraine

Onyshchenko Artem Viacheslavovych,

Postgraduate Student at the Department of Meat Technology
State Biotechnological University
44, Alchevskyh street, Kharkiv, Ukraine

РЕСУРСОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ У РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ

Сімахіна Г. О.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-697-3-24>

ВСТУП

Ресурсоефективна технологія у харчовій індустрії являє собою комплекс засобів та обладнання, спрямованих на раціональне використання сировини (у тому числі вторинних ресурсів, які утворюються під час отримання цільового продукту), енергії, води, мінімізацію шкідливих викидів і впливів на екологію, шляхом зменшення відходів. Таке визначення цілком обґрунтовано характеризує функціонування і діяльність підприємств цукрової галузі.

Існує ряд критеріїв, які свідчать про те, що цукробурякове виробництво є ресурсоефективним¹:

- глибина перероблення цукрового буряку дає змогу отримати вихід цукру 85–89%; втрати цукру в мелясі та жомі не перевищують 1–2%; мінімальний вміст нецукрів, що зменшує вихід меляси;
- термічна схема виробництва у вигляді багатоступеневого використання вторинної пари для очищення дифузійного соку, його концентрування до стану сиропу, забезпечення роботи вакуум-апаратів та іншого обладнання;
- отримання із жому біогазу та заміщення ним 30% природного газу;
- високий рівень енергогенерації, що забезпечується наявністю власних ТЕЦ, які працюють на парі високого тиску;
- незначні питомі витрати палива, що становлять менше ніж 25–26 м³ газу на 1 т буряку;
- впровадження інноваційних технологій, зокрема цифрових рішень, біоенергетики, роботизації, генетичного вдосконалення сортів буряків.

¹ Данилевський Р. Інноваційні технології в цукробуряковому виробництві: перспективи розвитку цукрової галузі. *Вісник Сумського НАУ*. 2025. № 3 (103). С. 25. <https://doi.org/10.32782/bsnau2025.3.13>.

Цукрова галузь у режимі сталого розвитку фокусується на мінімізації відходів, дотримання енергоефективності, соціальної відповідальності перед суспільством. Цукрова галузь як одна з найважливіших складових економіки України успішно здійснює перехід від простого виробництва цукру до створення замкнутого екологічного циклу, що характеризується раціональним використанням жому (корм для худоби, сировина для біогазових установок, отримання харчової клітковини тощо); побічний продукт, мелясу успішно застосовують для отримання спирту, дріжджів, дієтичних добавок; відлагоджена система рециркуляції води, за якої використану для миття буряків воду очищають у відстійниках і повторно застосовують для нових партій сировини; вапняковий осад, отриманий під час фільтрування очищеного соку повертають на поля для розкислення ґрунтів.

Принципово новим у впровадженні інновацій у цукрову галузь є спосіб перероблення буряків із використанням сублімаційних технологій.

Таким чином, цукрова галузь викликає великий інтерес у науковців і практиків з погляду вдосконалення її окремих технологічних етапів, упровадження принципово нових способів, методів, обладнання для переробки буряків і вторинних сировинних ресурсів, особливо зважаючи на той факт, що цукор є стратегічним продуктом на світовому ринку, а саме цукробурякове виробництво тісно пов'язано з іншими галузями економіки.

Зростання інформованості населення щодо ролі харчування та збереження стану здоров'я викликало підвищений інтерес до нової категорії продуктів: з оптимальним співвідношенням інгредієнтів, наявністю компонентів антиоксидантної дії і, головне, необхідним вмістом харчових волокон², достатню кількість яких забезпечує раціональне перероблення бурякового жому. Все це визначає і зумовлює актуальність цього дослідження. Таким чином, розвиток цукрової галузі узгоджується із сучасними глобальними тенденціями розвитку харчової промисловості, які чітко демонструють зміщення акцентів від традиційних продуктів до функціональних.

1. Аналіз стану і перспектив розвитку ресурсоефективних технологій у цукровій галузі України

За виробничим потенціалом Україна належить до найбільших світових виробників бурякового цукру, що зумовлюється досить сприятливими

² Корзун В. Н., Гаркуша С. Л. Заходи профілактики та лікування метаболічного синдрому у населення. *Довкілля та здоров'я*. 2016. № 1. С. 9–13.

грунтово-кліматичними й економічними умовами. Ця галузь бере початок свого розвитку з двадцятих років минулого століття³. Відтоді цукрове виробництво набуло пріоритетного значення серед харчових галузей і економіки України. Проте з ряду причин (різке зменшення площ посіву та врожайності буряків у зв'язку з воєнними діями, скорочення ринків збуту цукру, відсутність обігових коштів у товаровиробників тощо) ефективність роботи галузі в остання роки дещо знизилася, тому науковці і практики докладають усіх зусиль, щоб забезпечити динамічний і стабільний розвиток агропромислового комплексу України, стан якого визначає продовольчу безпеку країни, експортного потенціалу харчової продукції.

Яким чином реалізувати такі завдання? В. Бакай зі співавторами⁴ ще 15 років тому відповіли на це питання таким чином: необхідна зміна стратегії і тактики формування ринкових відносин у цукробуряковому виробництві, використання відповідних економічних, організаційних і правових відносин, що дасть змогу змінити на краще соціально-економічну ситуацію в галузі; відновити гідне становище наших товаровиробників на вітчизняному й зарубіжному ринках цукру. Ефективне функціонування такої системи можливе лише за умови регульованого ринку цукру, його цілісності та завершеності.

Аналіз функціонування та розвитку цукрової галузі протягом останніх 15 років повністю підтвердили ці умовиводи.

Разом із тим науковці цілком об'єктивно висвітлюють ті ключові проблеми, які поки що не вирішено: неврегульованість питань щодо виробництва і реалізації цукру в Україні, скорочення матеріально-технічного забезпечення бурякосіючих господарств і цукрових заводів; відсутність положень щодо стратегічного управління напрямів тактичної модернізації⁵.

Сучасний стан цукрової галузі України характеризується адаптацією до умов воєнного часу, реструктуризацією виробництва та фокусом на експорт цукру. Наукові праці останніх років акцентують увагу на підвищенні конкурентоспроможності, впровадженні інноваційних технологій, раціональному переробленні вторинних сировинних ресурсів, цифровізації та ефективності, організації виробничої діяльності відповідно до принципів сталого розвитку.

³ Зародження бурякоцукрової промисловості в Україні. Національна асоціація цукровиків «Укрцукор» URL: <https://ukrsugar.com/> (дата звернення 18.05.2026).

⁴ Бакай В. Й., Дорош Ю. В., Кравченко О. Е. Проблеми та перспективи розвитку цукрової галузі України. *Вісн. Хмельниц. нац. ун-ту. Екон. науки*. 2010. № 3, т. 3. С. 15–18.

⁵ Шандрівська О. Є., Курин А. Р. Оцінка виробничого та експортно-імпортного потенціалу ринку цукру. *Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка»*. 2024. № 2. С. 136–153. <https://doi.org/10.23939/semi.2024.02.136>.

У сезон 2024 року працювало 29 цукрових заводів, які виробили близько 1,8 млн тонн цукру. Такі ж дані характеризують виробництво 2025 року. Найбільшим виробником цукру є підприємство «Радехівський цукор», а лідерами з вирощування буряків залишаються Вінницька, Полтавська, Хмельницька, Київська, Львівська та Тернопільська області.

У 2026 році стан цукрової галузі України досяг значних обсягів виробництва цукру, що перевищує внутрішні потреби і спонукає до пошуку нових експортних ринків в умовах обмежень з боку ЄС, а для цього необхідно підвищувати якісні показники цукру⁶.

Сьогодні знову чітко акцентується увага на тому, що цукор є стратегічним продовольчим товаром і з кожним роком цей продукт посідає вагоміше місце у світовій торгівлі, що дає підстави розглядати ринок цукру-піску як один із найважливіших секторів економіки України. Науковці впевнені, що конкурентна позиція цукрової галузі та вітчизняні виробники мають широкі перспективи подолання проблем, спричинених війною, та відновлення колишніх виробничих потужностей і колишнього високого статусу України на світовому ринку⁷.

Основними чинниками, які здатні реально по-різному вплинути на розвиток українського ринку цукру в найближчі роки, є такі⁸:

- зростання світового попиту на цукор, що мотивуватиме збільшення його виробництва в Україні;
- зміна споживчих уподобань і бажання споживачів вибирати альтернативу цукру (мед, природні солодоці) може знизити попит;
- істотна державна підтримка цукрової галузі здатна допомогти українським виробникам конкурувати на світовому ринку.

Необхідно враховувати ті виклики, які постали перед галуззю⁹: зниження урожайності буряків, нестабільний ринок, екологічні проблеми, воєнні події, зменшення посівних площ тощо. Для їх подолання необхідною є ефективна інтеграція інновацій, нових розробок у селекції (гібриди Magna, Shelia), агрохімії (біосульфати калію), автоматизації (використання БПЛА, системи Sugar Vit) та енергозбереженні.

⁶ Ляшенко С. О., Кісь В. М. та ін. Нормативно-правове забезпечення якості цукрової продукції в Україні. *Укр. журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. № 2. С. 44–49. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-7>.

⁷ Дугієнко Н. О., Руднік О. Л. Перспективи підвищення конкурентоспроможності української продукції на світовому ринку (на прикладі цукрової галузі). *Вісник Запорізького нац. ун-ту*. 2024. № 3. С. 68–76. <https://doi.org/10.26661/2414-0287-2024-3-63-08>.

⁸ Щербакова Т. А., Шипнівська А. О. Діагностика стану конкурентного середовища на ринку цукру. *Економіка та суспільство*. 2024. № 62. С. 167–175. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-167>.

⁹ Данилевський Р. Зазнач. праця. С. 86.

Варто враховувати європейський досвід, зокрема ініціативу Smart Beet Initiative, як приклад комплексного підходу до сталого виробництва буряків. Не менш важливим є застосування сучасних цукрових рішень, як-от прецизійне землеробство, агророботи, біотехнології та енергоефективні технології, в умовах кліматичних змін і нестабільного ринку.

Якщо конкретизувати наведені напрями, то, наприклад, проблематика селекції та технології вирощування буряків детально розглядається в роботі О. Присяжнюк та С. Шульги¹⁰ з погляду впливу різних систем удобрення на продуктивність та якість коренеплодів цукрових буряків.

Інновації в агрохімії та біоенергетиці розглянула науковиця Т. О. Костенко¹¹: зокрема, впроваджено виробництво біоетанолу як додаткового продукту переробки цукрових буряків, що сприяє підвищенню ефективності й екологічності виробництва.

Ба більше, цукрова галузь різносторонньо пов'язана з іншими галузями національної економіки. По-перше, із сільським господарством, оскільки вирощування цукрового буряку сприяє впровадженню раціональних сівозмін, механізації обробітку ґрунту, підвищує агротехнічний рівень сільськогосподарських товаровиробників. Цукрова галузь також тісно пов'язана з енергетичним сектором, хімічною промисловістю, транспортом тощо¹².

Інтерес науковців викликають, наприклад, і такі питання, як вивчення впливу позакореневого внесення різних доз мікродобрива Маджестик Бор на продуктивність цукрових буряків, які проводилися протягом 2022–2024 років на полях бурякосіючого господарства Полтавської області¹³.

І автори цілком переконані в тому, що цукровий буряк заслужено повертає собі славу «короля польових культур». Висновки їхніх досліджень свідчать про те, що оброблення мікродобривами позитивно впливає на продуктивність цукрових буряків та їхні технологічні якості, інтенсивніше наростає маса коренеплодів і гички, а також виявлено збільшення вмісту цукру в буряках на 1,5–2,5%.

¹⁰ Присяжнюк О. І., Шульга С. С. Формування продуктивності та технологічної якості буряків цукрових в умовах континентального клімату. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. № 30. С. 79–95. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269736>.

¹¹ Костенко Т. О. Аналіз інноваційного розвитку підприємств цукрової галузі. *Економіка та держава*. 2022. № 2. С. 51–55.

¹² Іоніщій-Доценко Є. Ю. Аналіз та стан конкурентоспроможного розвитку цукрової галузі України. *Наукові перспективи*. 2024. № 7 (49). С. 709–723. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7\(49\)-709-722](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7(49)-709-722).

¹³ Філоненко С. В., Лисак В. М. Особливості формування продуктивності буряків цукрових за оптимізації їх мікроелементного живлення. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 318–325. DOI: 10.32782/naturaljournal.13.2025.30.

Таким чином, цукрові буряки були й залишаються провідними культурами в сільськогосподарському виробництві¹⁴. Їх вирощування нині, навіть попри війну з Росією та свою значну матеріало- і енергозатратність, має значний економічний ефект і є привабливим з фінансового погляду для агропідприємств.

Варто також зазначити, що технологія вирощування саме цієї культури останнім часом зазнала значних змін і вдосконалення¹⁵. Ба більше, вона ввібрала в себе всі сучасні новації аграрної науки, які втілилися у значне зростання продуктивності цукрових буряків і поліпшення технологічних якостей її коренеплодів¹⁶.

Те, що цукрові буряки є стратегічною культурою для українського сільського господарства, а їх вирощування забезпечує стабільні доходи для аграріїв, створення робочих місць та сприяє розвитку сільських територій, стверджують й інші науковці¹⁷.

Оптимістично звучать результати досліджень щодо аналізу ринку експорту цукру України, які показали, що після значного спаду у 2020–2022 роках галузь почала відновлюватися¹⁸.

Виробництво цукру у 2024 р. досягло 1893 тис. тонн, що є найвищим показником за останні роки. Експортна діяльність відновилася після кризових років епідемії COVID-19 та воєнного стану, що свідчить про підвищення попиту на український цукор на міжнародних ринках.

Сучасний цукровий завод працює як біофафінерія – інтегроване безвідходне підприємство, де вхідна сировина утилізується на 99%, зменшуючи екологічний слід і генеруючи додатковий прибуток із побічних продуктів шляхом їх раціонального перероблення.

Виробництво біопластику із залишків цукрового виробництва – це один із найпрогресивніших напрямів циркуляційної економіки, оскільки цукровий буряк є ідеальним джерелом вуглеводів, необхідних для синтезу екологічних полімерів. Ключовою перевагою бурякового біопластику є те, що термін його розкладу становить від декількох тижнів до 6 місяців

¹⁴ Сінченко В. М., Пиркін В. І. Стратегія розвитку галузі буряківництва в Україні. *Цукрові буряки*. 2018. № 1 (117). С. 4–8.

¹⁵ Бобро М. А., Божко М. Ф., Корнієнко С. І. Технологія вирощування цукрових буряків. Харків : Магда LTD, 2012. 16 с.

¹⁶ Жердецький І. М. Технологічна якість коренеплодів цукрових буряків залежно від позакореневого застосування добрив. *Цукрові буряки*. 2011. № 4. С. 18–20.

¹⁷ Калетник Г. М., Старосуд В. І., Амонс С. Е. Організаційно-економічні засади підвищення ефективності виробництва насіння цукрових буряків. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 10. С. 7–23.

¹⁸ Борса В. В., Гричина М. І. Аналіз ринку експорту цукру України: сучасний стан, перспективи управління та розвитку. *European scientific journal of Economic and Financial innovation*. 2025. № 1 (15). С. 219–225. DOI: 10.32750/2025 – 0119.

(традиційний з нафти розкладається 400–1000 років), продукти розкладу бурякового біопластику – вода, вуглекислий газ, біомаса; традиційний біопластик – токсичні хімічні сполуки; вуглецевий слід під час виробництва бурякового біопластику мінімальний, оскільки рослини поглинають CO₂ під час росту¹⁹.

2. Раціональне перероблення вторинних сировинних ресурсів цукрової галузі

2.1. Сучасні способи використання бурякового жому в різних галузях промисловості

Жом отримують після вилучення соку з бурякової стружки (відповідно до алгоритму технологічного процесу перероблення цукрових буряків). Його вихід становить 80–83% до маси перероблених буряків. Ураховуючи величезні щорічні обсяги перероблення цукрових буряків в Україні, можна орієнтуватися на значні кількості цієї продукції, яка нині належить до вторинних сировинних ресурсів галузі.

Жом містить багато цінних сполук, необхідних для життєдіяльності організму людини, які можна ефективно утилізувати за його раціонального перероблення. До недавнього часу основним напрямом використання жому була годівля тварин, на кожну з яких має припадати 30–40 кг жому на добу. Це становить лише незначну частину отриманого жому, тому решту направляли у спеціальні жомосховища, де він із часом розкладався, завдаючи шкоди екології і штрафних санкцій заводу-виробникові.

Тому сучасна наука розробила різні способи раціонального використання жому, які ефективно впроваджуються як на самих цукрових заводах, так і на тих споріднених галузях, для яких жом може слугувати цінною сировиною для отримання різних видів напівфабрикатів та готових продуктів. Ідеться про використання жому в процесах отримання біогазу, біодобрив, харчових волокон, етанолу, пектинових речовин, дріжджів тощо.

Одним із найбільш перспективних і сучасних напрямів розвитку цукрової галузі України є впровадження ресурсоефективних технологій, спрямованих на раціональне використання вторинних ресурсів з отриманням різних видів напівфабрикатів та продукції з високою додатковою вартістю. А. Безпала зі співавторами наводять методи утилізації меляси, бурякового бадилля (зеленої маси) та жому із залученням біотехнологічних засобів,

¹⁹ Мельник Л. Г., Кубатко О. В., Півень В. С., Кучеренко П. В., Ігнатченко В. М. Виробництво біопластику для циркуляційної економіки і стимулювання сестейного розвитку. *Економіка АПК*. 2019. № 11. С. 79–84. DOI: 10.32317/2221–1055.2019.1.1079.

що є потужним чинником підвищення рентабельності бурякоцукрового виробництва, для виробництва біополімерів, а також біорозкладної упаковки²⁰.

Розглянуто методи використання біопотенціалу бурякового жому як лігніноцелюлозної сировини для виробництва етанолу²¹.

Перевагою бурякового жому в цьому разі є наявність у ньому компонентів для отримання біоетанолу, біобутанолу та молочної кислоти. Належна підготовка сировини та науково обґрунтоване застосування біотехнологічних процесів сприятиме усуненню основної проблеми цукрових заводів – сезонності виробництва. Впроваджено мікробне оцукрення сировини, яке полягає у виробництві ферментів, що руйнують основну складову жому – лігніноцелюлозу. Всі ці заходи сприятимуть виробництву конкурентоспроможних продуктів.

Раціональним є застосування ефективних біологічних способів утилізації жому з отриманням біогазу та добрива для сільськогосподарських угідь²². Використання метанової ферментації дає змогу компенсувати витрати на впровадження таких досить дорого вартісних екологічних процесів завдяки використанню біогазу (особливо в разі виробництва з нього електроенергії). Також значний практичний інтерес викликає зброджена анаеробна біомаса, збагачена біологічно активними речовинами, яка потенційно може бути використана як добриво.

Один із варіантів використання бурякового жому – отримання біогазу, електричної енергії, біодобрив та теплової енергії. Біогаз, що утворюється внаслідок анаеробного зброджування жому, після його подальшої газопідготовки передбачається застосовувати залежно від пори року згідно з потребами замовника: у сезон цукроваріння (осінь) біогаз спрямовуватиметься на виробничі потреби як недорогога заміна природного газу; під час збирання зернових культур біогаз направлятиметься на зерносушарки, а в решту часу – на газотурбінний енергоцентр для вироблення електро- і теплової енергії²³.

Останніми роками за кордоном інтенсивно розвивається напрям отримання із жому дієтичних добавок. Так, акціонерне товариство VUC

²⁰ Безпала А. О., Шаповал Л. В. та ін. Відходи виробництва цукру та їх раціональне використання. *Вісник НТУ «ХП»*. 2024. № 3 (21). С. 17–24. DOI: 10.20998/2413-4295.2024.03.03.

²¹ Кузнецова І. В., Хомічак В. Л. Біотехнологічні аспекти переробки бурякового жому на біоетанол. *Продовольчі ресурси*. 2024. Т. 12. № 23. С. 91–97. DOI: 10.31073/foodresources.2024-23-10.

²² Бублієнко Н. О., Семенова О. І. Біологічна утилізація бурякового жому з використанням метанової ферментації *Харчова промисловість*. 2021. № 30. С. 50–57.

²³ Мартинюк А. С., Пастух Г. С. Актуальні напрями утилізації відходів цукрового виробництва. *Економічні науки*. 2019. № 2 (25). С. 187–190. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-2-25-31.

(Прага) розробило дієтичні добавки з бурякового жому під назвою «СИТА», збагачені вітаміном С. Їх рекомендується вживати під час розвантажувальних дієт, для зниження вмісту «шкідливого» холестерину, природного очищення організму, оскільки харчові волокна діють як натуральні сорбенти.

Важливим напрямом використання бурякового жому є отримання пектину, який, на жаль, досі в Україні промисловим способом не виробляється і його для потреб харчових галузей і фармації закупають за кордоном. Це тим більше прикро, що саме буряковий пектин порівняно з отриманим з іншої сировини (цитрусовий, яблучний) має найбільшу комплексоутворювальну здатність щодо радіонуклідів та інших токсичних сполук і виведення їх з організму людини²⁴. У країнах Євросоюзу виробляють не тільки сухий пектин, а й такі продукти, як пектиновий екстракт і концентрат, пектиновмісний порошок і пасту, пектин медичного призначення²⁵.

Галина Сімахіна та Світлана Бажай-Жежерун наводять різні способи отримання харчових волокон із жому у вигляді порошку кремового кольору без смаку та запаху. Волокна з розміром часток 0,25–0,5 мм можна застосовувати як добавку до м'ясних продуктів, а волокна з меншим розміром – у хлібопекарській, кондитерській, молочній та інших галузях харчової промисловості²⁶. У таблиці наведено основні характеристики харчових волокон із жому.

Таблиця 1

Компонентний склад харчових волокон сухого жому

Компонент	Вміст, %
клітковина	27...29
целюлоза	22...26
загальний вміст пектинових речовин, у тому числі	19...21
нерозчинний протопектин	10...11
розчинний пектин	9...10
лігнін	8...9
вода	10...12

²⁴ Грабовська О. В., Пастух Г. С. Про перспективи розвитку пектинового виробництва в Україні. *Цукор України*. 2017. № 6–7 (138–139). С. 42–47.

²⁵ Бордун І. М., Пташник В. В. та ін. Новий спосіб утилізації бурякового жому. *Цукор України*. 2016. № 6–7 (126–127). С. 45–47.

²⁶ Сімахіна Г. О., Бажай-Жежерун С. А. Технологія природних харчових сорбентів [Електронний ресурс]. Київ : НУХТ, 2024. С. 125.

Наведений компонентний склад харчових волокон свідчить про обґрунтованість їх використання в різних галузях харчових технологій і можливість реального досягнення їх частки в раціонах харчування населення до необхідних 25–35 г на добу, що відповідає рекомендаціям експертів ВООЗ.

У роботі Галини Сімахіної та Тетяни Федоренко акцентовано увагу на використанні дезінтоксикаційних властивостей харчової клітковини різних культур: плодоовочевих, злакових, насіннєвих, гідробіонтів тощо, у зв'язку з впливом на організм численних несприятливих чинників довкілля²⁷. Останнім часом ця проблема поглибилася, зважаючи на воєнні дії на території України. Вражають також висновки науковців щодо медичних наслідків Чорнобиля²⁸, відповідно до яких через 40 років після катастрофи медико-біологічні наслідки залишаються значущими для здоров'я населення України; зберігається високий рівень онкозахворювань, смертності постраждалих. Радіаційний та нерадіаційний чинники мають стійкий негативний вплив. Із цього погляду ще більша увага має бути привернута до наявності в раціонах оптимальної кількості харчової клітковини (25–35 г на добу), і особливо клітковини з бурякового жому, пектинові речовини якого, як уже зазначали, мають найвищу здатність до комплексоутворення з радіонуклідами, а отже, сприяють їх прискореному виведенню з організму людини.

Існують переконливі сучасні дані щодо закономірностей фізіологічних змін в організмі людини в екстремальних умовах і можливості цілеспрямованого впливу на нормалізацію його функціонування, передусім засобами адекватного харчування з оптимальним вмістом природних ентеросорбентів – харчової клітковини. На основі принципів доказової медицини обґрунтовано безпосередній зв'язок між харчуванням і станом здоров'я людини²⁹.

Продукти з оптимальним вмістом харчової клітковини повинні бути доступними за своєю ціною для будь-якого середньостатистичного громадянина України, особливо якщо йдеться про продукти щоденного

²⁷ Сімахіна Г. О., Федоренко Т. І. Нові композиції на основі харчової клітковини дезінтоксикаційної та адаптогенної дії. *Харчова промисловість*. 2016. № 19. С. 31–36.

²⁸ Сушко В. О., Колосинська О. О., Вдовенко В. Ю. Чорнобиль: медичні наслідки – спадщина через 40 років після аварії. *Довкілля та здоров'я*. 2025. № 4 (117). С. 34–42. DOI: 10.32402/dovkil.2025.04.034.

²⁹ Сімахіна Г. О., Українець А. І. Взаємозв'язок структури харчування і здоров'я – концептуальна основа розроблення продуктів для військовослужбовців. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22, № 1. С. 192–199.



Рис. 1. Схема отримання композицій харчових волокон із жому цукрових буряків і цедри цитрусових

вжитку – хлібобулочні вироби³⁰. Тому джерело харчових волокон має бути ефективним і водночас дешевим. Це досить легко досягається поєднанням в одній композиції бурякового жому (як основи) та вторинних ресурсів консервних заводів – наприклад, цедри цитрусових, жмиху яблук та винограду тощо.

Саме такий напрям вибрано в роботі Галини Сімахіної та Р. Науменка³¹, де обґрунтовано вибір нетрадиційних джерел – жому цукрових буряків та цедри цитрусових. Технологія отримання композиції харчових волокон під умовною назвою «Пектовітацин» передбачає такі основні стадії: прийом вторинної сировини цукробурякового та консервного виробництва (у співвідношенні 1 : 1), її мікробіологічний

³⁰ Сильчук Т. А. Наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук (05.18.16). Національний університет харчових технологій. Київ, 2018. 39 с.

³¹ Сімахіна Г. О., Науменко Р. Ю. Обґрунтування складу та способу отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, № 2. С. 244–250.

контроль; попереднє підсушування матеріалів у конвективній сушарці до вологості 30%; сушіння тривалістю 90 хв для бурякового жому, 240 хв – для цедри; подрібнення до порошкоподібного сипучого стану та дисперсності 80...100 мкм на дезінтеграторі; фасування; зберігання. Композиція харчових волокон пакується в пакетики із фольги, на етапі маркування на упаковці друкується назва продукту «Пектовітоцин», короткий опис продукту, його застосування і корисність відповідно до чинних вимог.

На рисунку подано принципову технологічну схему отримання композицій харчових волокон із жому цукрових буряків і цедри цитрусових.

О. Воецька зі співавторами³² звертають увагу ще на один побічний продукт цукрового виробництва – мелясований жом, тобто жом змішують із мелясою, а потім піддають сушінню, на наступному етапі гранулюють через матрицю з отворами діаметром 12 мм. Такий жом добре підходить для годівлі молодняку на випасі, а також як один із цінних компонентів годівлі дійних корів³³.

З бурякового жому також виробляють пектиновий клей. Спосіб ґрунтується на переведення в розчин нерозчинних у холодній воді пектинових речовин, що містяться в жомі. Вихід клею при цьому становить 2,5...3% до маси свіжого жому.

2.2. Сучасні способи перероблення меляси за принципами циркулярної економіки

Меляса є побічним продуктом виробництва цукру, яка зосереджена на його кристалах і відділяється в процесі центрифугування кристалічної маси після вакуум-апаратів. Хімічний склад меляси досить привабливий для її подальшого перероблення: вміст сухих речовин близько 75%, з них 45% зброджуваних цукрів; вода (25%) майже вся міститься у зв'язаному стані внаслідок гідратації колоїдів, молекул цукрози та іонів мінеральних речовин. Вміст цукрози в мелясі змінюється від 45 до 50%, оскільки хімічний склад меляси залежить від сорту та якості буряків, ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування, терміну й умов зберігання, технології цукроваріння³⁴.

Меляса як продукт перероблення цукрових буряків постійно перебуває в полі уваги науковців, і на сьогодні спектр її застосування досить

³² Воецька О. Є., Чернега І. С. та ін. Перспективи використання побічних продуктів цукрового виробництва. *Зернові продукти і комбікорм*. 2018. Т. 18. С. 37–42.

³³ Четверик О. В. Аналіз ринку основної та побічної продукції бурякоцукрового виробництва. *Вісник Академії праці і соціальних відносин Федерації профспілок України*. 2014. № 3–4. С. 92–100.

³⁴ Белік В. Стан та проблеми цукрової промисловості. *Техніка АПК*. 2003. № 9–10. С. 34–36.

широкий, зокрема отримання етанолу (40% загальної кількості спирту, що виробляється спиртовими заводами, отримують якраз із меляси, тому що вона має високий вміст цукру та інші речовини, необхідні для нормальної життєдіяльності дріжджів, і це спрощує технологію виробництва спирту порівняно з його виробництвом із зерна³⁵).

Давню історію має процес отримання з меляси лимонної кислоти шляхом зброджування цукрози аерофільними пліснявими грибами. Зі 100 кг меляси отримують близько 20 кг кристалічної лимонної кислоти, яку широко використовують у харчових галузях, фармації, кулінарії³⁶. Не менш важливим досягненням науковців є отримання молочної кислоти, яка розглядається як натуральний підкислювач, ароматизатор, консерватор у харчовій, фармацевтичній, текстильній та інших галузях промисловості. Виробництво цього продукту з меляси має нижчу собівартість, ніж хімічне виробництво з глюкози, сахарози та крохмалю³⁷.

У фармації з меляси отримують також масляну і пропіонову кислоти (за анаеробного бродіння), глюконову, фумарову, щавлеву, оцтову кислоти (за аеробного бродіння); використовують як живильне середовище в мікробіологічному синтезі для виробництва незамінної амінокислоти лізину, а також вітаміну B₁₂³⁸.

Останнім часом дедалі більшу зацікавленість у виробництві етилового спирту викликає глюкозно-фруктозний сироп³⁹. Серед виробників крафтових напоїв великим попитом користується меляса. Автори наводять технологічні аспекти процесу зброджування меляси та глюкозо-фруктозного сиропу на етапах різними штамами дріжджів. Встановлено, що вихід спирту з 1 т меляси становить 24,0 дал.

Таким чином, меляса як один з основних побічних продуктів цукрового виробництва знайшла широке застосування в харчовій, біохімічній промисловості, а не лише як цінний кормовий продукт для годівлі худоби. Її раціональне перероблення підвищує ресурсоефективність цукрової промисловості, а також відповідає сучасним вимогам сталого розвитку галузі: зниження рівня відходів,

³⁵ Губенко Н. Ю., Шматкова І. К. Сучасні тенденції у розвитку спиртової та цукрової промисловості. *Цукор України*. 2012. № 11 (83). С. 12–14.

³⁶ Васильченко О. А., П'янова О. О. Біотехнологічні аспекти отримання лимонної кислоти. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. № 22 (1). С. 100–107.

³⁷ Singhvi M. S., Zinjarde S. Polylactic acid: synthesis and biomedical applications. *Journal of applied microbiology*. 2019. No. 127 (6). P. 1612–1626.

³⁸ Danchin A., Braham S. Coenzyme B₁₂ synthesis as a baseline to study metabolite contribution of animal microbiota. *Microb. Biotechnol.* 2017. No. 10. P. 688–701. DOI: 10.1111/1751-7915.12722.

³⁹ Данілова К., Заварзіна О. Технологічні аспекти виробництва спиртових дистилатів з нетрадиційної цукровмісної сировини. *Продовольчі ресурси*. 2021. Т. 9, № 16. С. 90–97. DOI: 10.31073/foodresources2021-16-09.

зменшення забруднення довкілля, додатковий прибуток для підприємства, отримання напівпродуктів, необхідних для потреб різних галузей харчової промисловості.

До того ж такий різнобічний спосіб використання меляси, жому повною мірою відповідає концепції циркулярної економіки, сутність якої полягає у використанні відходів однієї галузі як сировини для іншої та базується на принципі сталого розвитку, змінюючи класичну лінійну модель економіки до ефективної циклічної моделі⁴⁰.

Можна прогнозувати, що циркуляція біологічних побічних продуктів (які несправедливо називають відходами) для отримання нових продуктів з високою доданою вартістю із часом стане превалюючою у всіх галузях харчової промисловості.

ВИСНОВКИ

Харчова промисловість України об'єднує понад 40 галузей з отримання харчових продуктів різного функціонального призначення. Однією з основних і найбільш масштабних є цукрова промисловість. Незважаючи на енергоємність технологій, потребу у висококваліфікованих кадрах, обмеженість експортного ринку для українського цукру та воєнні дії, цукрові буряки були й залишаються ключовою культурою вирощування в Україні як за площею посівів, так і за рентабельністю, а цукор, отриманий із них, не втрачає свого статусу на світовому ринку як стратегічний продукт.

Разом із тим саме в цукровій галузі отримують найбільшу масу вторинних сировинних ресурсів – жому та меляси. Тому зрозумілою є актуальність і необхідність упровадження інновацій у цукрове виробництво, постійне вдосконалення існуючих ресурсоефективних технологій перероблення буряків і вторинних сировинних ресурсів, а також розроблення нових, які ґрунтуються на сучасних досягненнях науки і техніки. Цілком умотивованим є сучасний орієнтир підприємств цукрової промисловості на застосування ресурсоефективних технологій як у виробництві цільового продукту – цукру, так і в раціональному переробленні жому та меляси за принципами циркулярної економіки, сутність яких полягає у використанні побічних продуктів однієї галузі як сировини для інших.

⁴⁰ Rojas I. F., Zapata P., Ruiz-Tirado I. Agro — industrial waste enzymes. Perspectives in circular economy. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2022. No. 34. P. 45–53. DOI: 10.1016/j.cogsc.2021.100585.

Налагодження технологій перероблення вторинних сировинних ресурсів на діючих цукрових заводах та споріднених їм підприємствах забезпечує додатковий прибуток, позитивно впливає на екологію довкілля, соціальні показники завдяки розширенню асортименту харчових продуктів та дієтичних добавок, тобто відповідає усім принципам сталого розвитку галузі. Подальший розвиток галузі та її міжнародна конкурентоспроможність залежать від низки чинників, що потребують глибокого аналізу, розроблення стратегії і тактики. Це дасть змогу ефективніше розвивати галузь і посилити позиції України на світовому ринку цукру.

АНОТАЦІЯ

У роботі здійснено аналіз основних показників інноваційної діяльності підприємств цукрової галузі з погляду використання ресурсоефективних технологій отримання цільового продукту – цукру і сучасних способів перероблення жому та меляси. Ці побічні продукти досі розглядалися переважно як складники для годівлі худоби. Вивчення біохімічного складу жому та меляси окреслило принципово нові напрями їх різнобічного застосування для отримання біогазу, етанолу, дріжджів, органічних кислот, дієтичних добавок тощо, відповідно до принципів сталого розвитку галузі з обґрунтуванням практичних рекомендацій їх реалізації. Тому найбільш актуальним питанням сьогодення цукрової промисловості є визначення шляхів повного й раціонального застосування цих додаткових джерел, розроблення мало- та безвідходних технологій перероблення буряків, а також заходів до унеможливлення шкідливого впливу відходів на довкілля. Наукові праці з питань використання жому та меляси фокусуються на їх глибокому переробленні, унаслідок чого отримують харчові волокна, пектин, біостанол, біогаз, органічні кислоти, дріжджі тощо. Збагачення жому мелясою з подальшим сушінням та гранулюванням забезпечує тварин високоякісним кормом і водночас зменшує екологічне навантаження. Комплексне використання бурякового жому та меляси істотно впливає на управління екологічними ризиками й підвищує ефективність функціонування цукрових заводів. Усе це дає змогу підприємствам галузі перейти на безвідходні ресурсоефективні технології, реалізація яких відповідає принципам сталого розвитку цукрової промисловості.

Література

1. Бакай В. Й., Дорош Ю. В., Кравченко О. Е. Проблеми та перспективи розвитку цукрової галузі України. *Вісн. Хмельниц. нац. ун-ту. Екон. науки*. 2010. № 3, т. 3. С. 15–18.
2. Безпала А. О., Шаповал Л. В. та ін. Відходи виробництва цукру та їх раціональне використання. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2024. № 3 (21). С. 17–24. DOI: 10.20998/2413-4295.2024.03.03.
3. Белік В. Стан та проблеми цукрової промисловості. *Техніка АПК*. 2003. № 9–10. С. 34–36.
4. Бобро М. А., Божко М. Ф., Корнієнко С. І. Технологія вирощування цукрових буряків. Харків : Магда LTD, 2012. 16 с.
5. Бордун І. М., Пташник В. В. та ін. Новий спосіб утилізації бурякового жому. *Цукор України*. 2016. № 6–7 (126–127). С. 45–47.
6. Борса В. В., Гричина М. І. Аналіз ринку експорту цукру України: сучасний стан, перспективи управління та розвитку. *European scientific journal of Economic and Financial innovation*. 2025. № 1 (15). С. 219–225. DOI: 10.32750/2025-0119.
7. Бублієнко Н. О., Семенова О. І. Біологічна утилізація бурякового жому з використанням метанової ферментації *Харчова промисловість*. 2021. № 30. С. 50–57.
8. Васильченко О. А., П'янкова О. О. Біотехнологічні аспекти отримання лимонної кислоти. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. № 22 (1). С. 100–107.
9. Воєцька О. Є., Чернега І. С. та ін. Перспективи використання побічних продуктів цукрового виробництва. *Зернові продукти і комбікорм*. 2018. Т. 18. С. 37–42.
10. Грабовська О. В., Пастух Г. С. Про перспективи розвитку пектинового виробництва в Україні. *Цукор України*. 2017. № 6–7 (138–139). С. 42–47.
11. Губенко Н. Ю. Шматкова І. К. Сучасні тенденції у розвитку спиртової та цукрової промисловості. *Цукор України*. 2012. № 11 (83). С. 12–14.
12. Данилевський Р. Інноваційні технології в цукробуряковому виробництві: перспективи розвитку цукрової галузі. *Вісник Сумського НАУ*. 2025. № 3 (103). С. 25. <https://doi.org/10.32782/bsnau2025.3.13>.
13. Данілова К., Заварзіна О. Технологічні аспекти виробництва спиртових дистилатів з нетрадиційної цукровмісної сировини. *Продовольчі ресурси*. 2021. Т. 9, № 16. С. 90–97. DOI: 10.31073/foodresources2021-16-09.

14. Дугієнко Н. О., Руднік О. Л. Перспективи підвищення конкурентоспроможності української продукції на світовому ринку (на прикладі цукрової галузі). *Вісник Запорізького нац. ун-ту*. 2024. № 3. С. 68–76. <https://doi.org/10.26661/2414-0287-2024-3-63-08>.
15. Жердецький І. М. Технологічна якість коренеплодів цукрових буряків залежно від позакореневого застосування добрив. *Цукрові буряки*. 2011. № 4. С. 18–20.
16. Зародження бурякоцукрової промисловості в Україні. Національна асоціація цукровиків «Укрцукор» URL: <https://ukrsugar.com/> (дата звернення 18.05.2026).
17. Іоніцой-Доценко Є. Ю. Аналіз та стан конкурентоспроможного розвитку цукрової галузі України. *Наукові перспективи*. 2024. № 7 (49). С. 709–723. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7\(49\)-709-722](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7(49)-709-722).
18. Калетник Г. М., Старосуд В. І., Амонс С. Е. Організаційно-економічні засади підвищення ефективності виробництва насіння цукрових буряків. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 10. С. 7–23.
19. Корзун В. Н., Гаркуша С. Л. Заходи профілактики та лікування метаболічного синдрому у населення. *Довкілля та здоров'я*. 2016. № 1. С. 9–13.
20. Костенко Т. О. Аналіз інноваційного розвитку підприємств цукрової галузі. *Економіка та держава*. 2022. № 2. С. 51–55.
21. Кузнецова І. В., Хомічак В. Л. Біотехнологічні аспекти переробки бурякового жому на біоетанол. *Продовольчі ресурси*. 2024. Т. 12. № 23. С. 91–97. DOI: 10.31073/foodresources 2024-23-10.
22. Ляшенко С. О., Кісь В. М. та ін. Нормативно-правове забезпечення якості цукрової продукції в Україні. *Укр. журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. № 2. С. 44–49. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-7>.
23. Мартинюк А. С., Пастух Г. С. Актуальні напрями утилізації відходів цукрового виробництва. *Економічні науки*. 2019. № 2 (25). С. 187–190. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-2-25-31.
24. Мельник Л. Г., Кубатко О. В., Півень В. С., Кучеренко П. В., Ігнатченко В. М. Виробництво біопластику для циркуляційної економіки і стимулювання сестейного розвитку. *Економіка АПК*. 2019. № 11. С. 79–84. DOI: 10.32317/2221-1055.2019.1.1079.
25. Присяжнюк О. І., Шульга С. С. Формування продуктивності та технологічної якості буряків цукрових в умовах континентального клімату. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. № 30. С. 79–95. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269736>.

26. Сильчук Т. А. Наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук (05.18.16). Національний університет харчових технологій. Київ, 2018. 39 с.
27. Сімахіна Г. О., Бажай-Жежерун С. А. Технологія природних харчових сорбентів [Електронний ресурс]. Київ : НУХТ, 2024. С. 125.
28. Сімахіна Г. О., Науменко Р. Ю. Обґрунтування складу та спосіб отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, № 2. С. 244–250.
29. Сімахіна Г. О., Українець А. І. Взаємозв'язок структури харчування і здоров'я – концептуальна основа розроблення продуктів для військовослужбовців. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22, № 1. С. 192–199.
30. Сімахіна Г. О., Федоренко Т. І. Нові композиції на основі харчової клітковини дезінтоксикаційної та адаптогенної дії. *Харчова промисловість*. 2016. № 19. С. 31–36.
31. Сінченко В. М., Пиркін В. І. Стратегія розвитку галузі буряківництва в Україні. *Цукрові буряки*. 2018. № 1 (117). С. 4–8.
32. Сушко В. О., Колосинська О. О., Вдовенко В. Ю. Чорнобиль: медичні наслідки – спадщина через 40 років після аварії. *Довкілля та здоров'я*. 2025. № 4 (117). С. 34–42. DOI: 10.32402/dovkil.2025.04.034.
33. Філоненко С. В., Лисак В. М. Особливості формування продуктивності буряків цукрових за оптимізації їх мікроелементного живлення. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 318–325. DOI: 10.32782/naturaljournal.13.2025.30.
34. Четверик О. В. Аналіз ринку основної та побічної продукції бурякоцукрового виробництва. *Вісник Академії праці і соціальних відносин Федерації профспілок України*. 2014. № 3–4. С. 92–100.
35. Шандрівська О. Є., Курин А. Р. Оцінка виробничого та експортно-імпортного потенціалу ринку цукру. *Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка»*. 2024. № 2. С. 136–153. <https://doi.org/10.23939/semi.2024.02.136>.
36. Щербакова Т. А., Шипнівська А. О. Діагностика стану конкурентного середовища на ринку цукру. *Економіка та суспільство*. 2024. № 62. С. 167– 75. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-167>.
37. Danchin A., Braham S. Coenzyme B₁₂ synthesis as a baseline to study metabolite contribution of animal microbiota. *Microb. Biotechnol.* 2017. No. 10. P. 688–701. DOI: 10.1111/1751-7915.12722.

38. Rojas I. F., Zapata P., Ruiz-Tirado I. Agro – industrial waste enzymes. Perspectives in circular economy. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2022. No. 34. C. 45–53. DOI: 10.1016/j.cogsc. 2021.100585.
39. Singhvi M. S., Zinjarde S. Polylactic acid: synthesis and biomedical applications. *Journal of applied microbiology*. 2019. No. 127 (6). P. 1612–1626.

Information about the author:

Simakhina Galyna Oleksandrivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Department of Technology of Healthy Food Products

National University of Food Technologies

68 Volodymyrska Street, Kyiv, Ukraine

Izdevniecība “Baltija Publishing”
Avotu iela 8 k-1 - 25, Rīga, LV-1011
E-mail: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA “Izdevniecība “Baltija Publishing”
Parakstīts iespiešanai: 2026. gada 30. jūlijā
Tirāža 300 eks.