

ISSN 2522-1221 (Print)
ISSN 2522-123X (Online)

ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ВИПУСК 41

ЛЬВІВ
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2025

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2025. – Вип. 41. – 110 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

Випуск 41

Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча перейменовано у Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки.

Згідно наказу МОН України № 409 (Додаток 1) від 17.03.2020 Вісник включено до Переліку наукових фахових видань України категорії “Б”.

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2512 від 08.08.2024 року. Ідентифікатор медіа: R30-04401.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Львівський торговельно-економічний університет (вул. Туган-Барановського, буд. 10, м. Львів, 79005, lute@lute.lviv.ua, тел. (032) 275-65-50).

Періодичність: 4 рази на рік.

Мова видання: українська, англійська, польська.

Друкується за ухвалою Вченої ради Львівського торговельно-економічного університету. Протокол засідання Ради № 10 від 10 квітня 2025 року.

Редакційна колегія:

Пелик Леся Василівна, д.т.н., проф. (головний редактор);

Мережко Ніна Василівна, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);

Донцова Інна Вікторівна, к.т.н., доц. (відповідальний секретар);

Арсеньєва Лариса Юрївна, д.т.н., проф.;

Артюх Тетяна Миколаївна, д.т.н., проф.;

Беднарчук Микола Степанович, к.т.н., проф.;

Гаврилишин Володимир Володимирович, к.т.н., проф.;

Доманцевич Ніна Іванівна, д.т.н., проф.;

Дубініна Антоніна Анатоліївна, д.т.н., проф.;

Ковбаса Володимир Миколайович, д.т.н., проф.;

Лозова Тетяна Михайлівна, д.т.н., проф.;

Омельченко Наталя Володимирівна, к.т.н., проф.;

Павлова Марія, Dr hab. inż., проф. (Республіка Польща);

Сидоренко Олена Володимирівна, д.т.н., проф.;

Стойкова Теменуга, Ph.D., доц. (Болгарія).

Відповідальний за випуск – д.е.н., проф. Семак Б. Б.

Видання індексується у наукометричних базах:

Ulrich's Periodicals, Index Copernicus, Google Scholar, World Cat

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

DOI: 10.36477/2522-1221

DOI: 10.36477/2522-1221-2025-41

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>



ЗМІСТ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

Fomin O. V., Burlutskiy O. V., Cherkashin O. P., Rodionov I. O.

STUDY OF MATHEMATICAL MODELS CHANGES
IN THE STRUCTURE OF STEEL OF ENGINEERING STRUCTURES
AFTER THERMAL LOADING.....7

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА

Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П.

ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОГО ДУАЛІЗМУ ДІЇ ДОДАТКІВ
У МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІМЕРАХ.....16

Лозова Т. М.

НАУКОВО-ТОВАРОЗНАВЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ
КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ27

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Хінальська Т. Р., Заверуха О. М., Фреюк Д. В.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ
В ГАЛУЗІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВОЄННИЙ ЧАС..... 35

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Бужанська М. В.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПАКОВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
ДЛЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ.....41

Бушетець Д. М., Чагаровський О. П.

ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИРОВИННИХ ІНГРЕДІЄНТІВ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛАЗУРОВАНИХ СИРКІВ
ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ..... 51

Калугіна І. М., Поплавська С. О.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕСЕРТНИХ МАС ІЗ ФЕЙХОА.....59

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Данилюк І. П.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКУ
ІЗ АТНЕРІНА РОНТІСА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БОРОШНЯНИХ СУМІШАХ 69

Лебединець А. І.

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ЗБАГАЧЕНИХ МАСЛЯНИХ КЕКСІВ 75

Чагаровський О. П., Дідух Е. Г.

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ НАССР
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ М'ЯКОГО КАМАМБЕР.....82

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЕРТИЗИ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА БЕЗПЕКИ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ

Клименко О.Г.

НАСІННЯ ПАЖИТНИКА (TRIGONELLA

FOENUM-GRÆCUM L.) – ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ СПОЛУК

ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ СУЛУГУНІ.....90

Маслійчук О. Б., Сімахіна Г. О., Іжєвська О. П.

ЗАСТОСУВАННЯ КРАФТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕГІДРАТОВАНОГО ПРОДУКТУ

ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ.....98

Самілик М. М., Ткачук М. А.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЦУКАТІВ.....104

CONTENTS

TOPICAL ISSUES OF SCIENTIFIC AND PRACTICAL MATERIALS SCIENCE

Fomin O. V., Burlutskiy O. V., Cherkashin O., Rodionov I.

STUDY OF MATHEMATICAL MODELS CHANGES IN THE STRUCTURE OF STEEL OF ENGINEERING STRUCTURES AFTER THERMAL LOADING.....	7
---	---

THEORY AND PRACTICE OF MODERN MATERIALS SCIENCE AND COMMODITY SCIENCE

Domantsevykh N. I., Yatsyshyn B. P.

EXPERT STUDY OF TEMPORAL DUALISM OF THE ACTION OF ADDITIVES IN MODIFIED POLYMERS.....	16
--	----

Lozova T. M.

SCIENTIFIC-COMMODITY RESEARCH OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CONFECTIONERY PRODUCTS.....	27
---	----

CHALLENGES AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF LIGHT INDUSTRY

Khinal'ska T. R., Zaverukha O. M., Freiuk D. V.

CURRENT PROBLEMS OF SAFETY AND LABOR PROTECTION IN THE FOOD INDUSTRY DURING WARTIME.....	35
---	----

MODERN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD TECHNOLOGY

Buzhanska M. V.

MODERN TRENDS IN THE USE OF PACKAGING MATERIALS FOR MEAT PRODUCTS.....	41
---	----

Bushtez D. M., Chaharovskiy O. P.

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF RAW INGREDIENTS FOR THE PRODUCTION OF GLAZED CHEESECAKES FOR ATHLETES.....	51
--	----

Kalugina I. I., Poplav'ska S. O.

RESEARCH ON THE RHEOLOGY PROPERTIES OF FEIJOA DESSERT MASSES.....	59
--	----

CHALLENGES AND PROSPECTS OF THE SYSTEM OF FOOD QUALITY CONTROL

Danyliuk I. P.

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF ATHERINA PONTICA POWDER FOR USE IN FLOUR MIXTURES.....	69
--	----

Lebedynets A. I.

NUTRITIONAL VALUE OF ENRICHED BUTTER CAKES.....	75
---	----

Chaharovskiy O. P., Didukh E. G.

DEVELOPMENT OF A HACCP SAFETY MANAGEMENT SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF SOFT CAMEMBERT CHEESE.....	82
---	----

**MODERN CHALLENGES OF EXPERT EXAMINATION,
REGULATION AND SECURITY OF ECONOMIC SYSTEMS**

Klymenko O. G.

FENUGREEK SEEDS (TRIGONELLA FOENUM-GRÆCUM L.)
ARE A SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN THE PRODUCTION
OF SULUGUNI CHEESE.....90

Masliuchuk O. B., Simakhina G.O., Izhevskaya O. P.

APPLICATION OF CRAFT TECHNOLOGIES OF DEHYDRATED PRODUCT
FOR MILITARY PERSONNEL.....98

Samilyk M. M., Tkachuk M. A.

IMPROVEMENT OF CANDIED FRUIT PRODUCTION TECHNOLOGY.....104

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

UDC 629.463.001.63

Fomin O. V.,

fominaleksejvictorovic@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2387-9946

*Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Cars and Carriage Facilities,
State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv*

Burlutskyi O. V.,

leha2006181@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1902-5809

*Ph.D., Associate Department of Mechanics and Machine Design,
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv*

Cherkashin O. P.

alex.digma77@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-6871-0860

*Postgraduate student, Department of "Railway, Road Transport and Lifting and Transport Machinery",
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv*

Rodionov I. O.

rodionov.i@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2687-9843

*Postgraduate student at the Department of Cars and Carriage Facilities,
State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv*

STUDY OF MATHEMATICAL MODELS CHANGES IN THE STRUCTURE OF STEEL OF ENGINEERING STRUCTURES AFTER THERMAL LOADING

Abstract. *In mechanical engineering, there are a number of tasks in which it is necessary to predict the structure of steel after thermal treatment. To predict the properties and structure of steel, it is necessary to study the structural transformations in steel under thermal stress.*

The development of modern computational methods and technology makes it possible to perform highly accurate calculations of complex processes, including metal forming processes. A relevant aspect is the application of approaches that describe the structural transformations occurring in metal with sufficient accuracy. This is the basis for the use of modern numerical modelling methods and computer programs that allow calculating and predicting the structural and phase composition of the processed steels.

The article discusses modern mathematical models for predicting the evolution of steel microstructure during thermomechanical loading, analyses mathematical models for engineering structures, and presents the results of numerical modelling of the evolution of microstructure of 09G2S steel as the most common steel for freight car load-bearing systems.

The JMAK method is based on the calculation of the proportion of recrystallised grains and the average grain size through material characteristics, strain, strain rate, temperature and time. This method provides information on the processes of recrystallisation and grain growth during thermomechanical processing of the workpiece.

The paper shows the possibility of using JMatPro software to model the evolution of microstructure.

It is based on the Johnson-Mel-Avrami-Kolmogorov model during hot plastic deformation. The average size of recrystallised grains and their volume fraction in the process of dynamic recrystallisation are calculated.

The results of the thermokinetic calculation of the phase composition of steel in the equilibrium state are presented, and thermokinetic and isothermal diagrams are constructed. The obtained results can

be used to design technological processes for the production of products for various purposes based on different types of thermal deformation effects.

Key words: mechanical engineering structures, railway transport, wagon, low-carbon low-alloy steel, phase transformations, metal structure, thermokinetic diagram, reliability, mechanics, mathematical models.

Фомін О.

fominaleksejvictorovic@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2387-9946

д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство»

Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ

Бурлуцький О.

leha2006181@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1902-5809

к.т.н., асистент, кафедри «Механіки і проектування машин»,

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Черкашин О.

alex.digma77@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-6871-0860

аспірант кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини»,

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ

Родіонов І.

rodionov.i@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2687-9843

аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство»,

Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗМІНИ СТРУКТУРИ СТАЛІ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ТЕРМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Анотація. У машинобудуванні існує низка завдань, у яких необхідно прогнозувати структуру сталі після термічного впливу. Для прогнозування властивостей і структури сталі необхідне дослідження структурних перетворень у сталі під час термічного навантаження.

Розвиток сучасних обчислювальних методів і техніки дають змогу виконувати високоточні розрахунки складних процесів, зокрема процесів обробки металів тиском. Актуальним аспектом є застосування таких підходів, які з достатньою точністю описують структурні перетворення, що відбуваються в металі. Це є підставою для використання сучасних чисельних методів моделювання та комп'ютерних програм, що дають змогу розраховувати і прогнозувати структурно-фазовий склад оброблюваних сталей.

У статті розглянуто сучасні математичні моделі для прогнозування еволюції мікроструктури сталі в процесі термомеханічного навантаження, проаналізовані математичні моделі для машинобудівних конструкцій, представлено результати чисельного моделювання еволюції мікроструктури сталі 09Г2С як найбільш розповсюдженої сталі для несівних систем вантажних вагонів.

Метод ЖМАК базується на обчисленні частки рекристалізованих зерен і середнього розміру зерна через характеристики матеріалу, деформацію, швидкість деформації, температуру та чар. Цей метод дає змогу отримувати інформацію про процеси рекристалізації та зростання зерен під час термомеханічної обробки заготовки.

У статті показано можливість застосування програмного забезпечення JMatPro для моделювання еволюції мікроструктури.

На основі моделі Джонсона-Мела-Аврамі-Колмогорова під час гарячої пластичної деформації. Розраховано середній розмір рекристалізованих зерен і їхню об'ємну частку в процесі динамічної рекристалізації.

Наведено результати термодинамічного розрахунку фазового складу сталі у рівноважному стані, побудовано термодинамічні та ізотермічні діаграми. Отримані результати можуть

бути використані для проектування технологічних процесів виробництва виробів різного призначення, що базуються на різних видах термодформацийного впливу.

Ключові слова: машинобудівні конструкції, залізничний транспорт, вагон, маловуглецева низьколегована сталь, фазові перетворення, структура металу, термокінетична діаграма, надійність, механіка, математичні моделі.

JEL Classification: L92, O33

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-01>

Introduction. In mechanical engineering, there are a number of problems in which it is necessary to predict the structure of steel after thermal exposure. To predict the properties and structure of steel, it is necessary to study the structural transformations in steel under thermal loading. [1].

Experimental study of structural transformations consists of constructing isothermal and thermokinetic diagrams. Experimental study has limited application. Thus, isothermal diagrams are used only for qualitative assessment of the influence of chemical composition on the process of austenite decomposition.

Thermokinetic diagrams cannot provide reliable information about the structure of steel if the thermal load regime differs from the load regimes during the experiment [2,3].

In steels under thermomechanical loading, all phase transformations known for the solid state are observed: pearlite, intermediate (bainitic) and martensitic. The possibility of occurrence of certain phase transformations and their kinetics depend on from the parameters of thermomechanical action, such as temperature, heating conditions, holding time, cooling rate, mechanical load. [4-5].

Relevance of the work. An important feature of steels is that during the transformation of supercooled austenite the transition of face-centred cubic (HCC) crystal lattice to volume-centred tetragonal (VCT) lattice can occur along with diffusive redistribution of carbon and alloying elements. The transition $\gamma \rightarrow \alpha$ can be carried out by both the so-called normal (if the interfacial boundary is incoherent) and martensitic (if this boundary is incoherent) mechanisms, and martensitic (if the interface is coherent) mechanisms.

As shown by numerous experimental studies, phase transformations are the cause of the appearance of a certain set of physical and mechanical properties in a material, which largely depend on the microstructure of the material, mechanisms of its formation and change. Correct description of changes in the structure of materials makes it possible to develop new methods of obtaining materials with a given set

of properties and optimise existing ones [3]. Experimental study of this issue is quite resource-intensive, therefore, the task of building models describing the state and evolution of the material structure taking into account solid-state phase transformations becomes topical during production in mechanical engineering.

The study of grain growth is of great importance for understanding and improving the properties of materials. Understanding the dynamics and mechanisms of grain growth allows to predict structural changes during the manufacturing, processing and exploitation of materials. This may favour the improvement of their strength, service life, resistance to wear and corrosion [4].

Meta and historical research. The aim of this paper is to study mathematical models of steel structure changes in machine-building structures after thermal loading. On the basis of the analysis to choose a mathematical model and apply it to the calculation of steel structure for the most common steel of bearing elements of gondola.

Materials and research results. A systematic study of the crystallisation process was carried out by G. Tamman, who introduced quantitative characteristics of this process: the number of new phase centres arising per unit time in a unit volume (nucleation rate of centres) and the linear growth rate of crystals from these centres [5-8]. I.L. Mirkin proposed to study the crystallisation process using two-dimensional schemes [8-12]. According to such a scheme, a certain number of nuclei of future crystals appears on the area, at the initial moment of time completely occupied by the old phase (liquid), within one second. During the next second, the nuclei grow at a certain rate, equal in all directions, and new nuclei appear on the area still occupied by the old phase. When the growing nuclei collide, growth in the corresponding area stops. The process continues until the entire available area is occupied by crystals of the new phase V over a period of time $(t_i + A_i)$

The phase field method is quite often used for modelling both diffusive and non-diffusive

(martensitic) phase transformations at the meso-level (the modelled region consists of several grains). This approach [13,14] assumes the presence of a "blurred", "diffusive" boundary between the phases in contrast to classical methods using the concept of a "sharp boundary", when the multiphase structure is described by the position of the boundary and for each region a set of differential equations is solved together with the flow equations and constitutive equations at the boundary. [15,16].

One of the methods for modelling recrystallisation kinetics are Johnson-Meil-Avrami-Kolmogorov expressions (JMAK) [18].

These expressions calculate the recrystallised volume fraction as a function of strain and temperature (for dynamic recrystallisation), and time and temperature (for metadynamic and static recrystallisation)

Static recrystallisation occurs after deformation, during which the resulting degree of strain is less than some critical degree of strain ϵ_c . The critical strain is usually given as the fraction of peak strain p at which the yield stress reaches its maximum (the yield stress then begins to decrease due to dynamic recrystallisation, which de-strengthens the material). The value of p is determined experimentally and is usually a function of strain rate, temperature, and initial grain size, i.e., the strain rate, temperature, and initial grain size.

$$\epsilon_p = a_1 d_0^{n_1} \dot{\epsilon}^{m_1} \exp(Q_1/RT) + c_1 \quad (1)$$

$$\epsilon_c = a_2 \epsilon_p \quad (2)$$

Since static recrystallisation occurs through the formation of nucleation and their subsequent growth, a description of the relationship between the fraction of volume recrystallised and time is the kinetics of isothermal annealing of recrystallised volume and time is the kinetics of isothermal annealing, usually described by the Avrami equation:

$$X_{SRX} = 1 - \exp \left[-\beta_s \left(\frac{t}{t_{0.5}} \right)^{k_s} \right] \quad (3)$$

$$t_{0.5} = a_3 d_0^{h_3} \epsilon^{n_3} \dot{\epsilon}^{m_3} \exp(Q_3/RT), \quad (4)$$

where $t_{0.5}$ denotes the time in which 50% recrystallisation occurs. The recrystallised grain size is a function of initial grain size, strain, strain rate and temperature:

$$d_{SRX} = a_6 d_0^{h_6} \epsilon^{n_6} \dot{\epsilon}^{m_6} \exp(Q_6/RT) + c_6, \quad (5)$$

if $d_{SRX} > d_0$, then $d_{SRX} = d_0$.

Metadynamic recrystallisation occurs after deformation when the degree of deformation at the end of deformation is greater than the critical degree of deformation (Fig. 1). Metadynamic recrystallisation is modelled similarly to static recrystallisation, but with a different set of material constants:

$$X_{MRX} = 1 - \exp \left[-\beta_m \left(\frac{t}{t_{0.5}} \right)^{k_m} \right] \quad (6)$$

$$t_{0.5} = a_4 d_0^{h_4} \epsilon^{n_4} \dot{\epsilon}^{m_4} \exp(Q_4/RT) \quad (7)$$

$$d_{MRX} = a_7 d_0^{h_7} \epsilon^{n_7} \dot{\epsilon}^{m_7} \exp(Q_7/RT) + c_7, \quad (8)$$

if $d_{MRX} > d_0$, then $d_{MRX} = d_0$.

Mathematical modelling of microstructure parameters of 09G2S steel in the process of thermal loading using Johnson-Mel-Avrami-Kolmogorov model. The computational analysis was carried out on the basis of the JMatPro software package, which uses the CALPHAD (CALculation of PHase Diagrams) method of thermodynamic calculation of the equilibrium state of the system [17], which is adapted to perform calculations of multi-component alloys used in industry (steel, aluminium, magnesium, heat-resistant nickel, titanium and other alloys). The mathematical modelling of phase transformation is shown in (Fig. 2).

Modelling of the material under consideration is carried out at different temperatures, according to the protocol of the real technological process. Based on the need to ensure the plastic properties of the metal for these conditions of deformation, the temperature is 800 °C. Thermokinetic calculations of possible phases at equilibrium crystallisation of 09G2S steel (in coordinates "phase percentage from temperature") were performed in the range of temperature values from 1200 to 25°C with a step of 5°C

Fig. 3. Shows the results of modelling the phase composition of 09G2S steel at temperatures 1200 and 800°C.

As a result of modelling it was found that at 1200°C the steel has an austenitic structure with a small content of MnS (0.02%) and austenite (99.98%). During rolling, the steel strip is cooled at 1200°C, which leads to the formation of a two-phase structure due to carbon diffusion. At the rolling temperature at 800°C, a two-phase structure consisting of ferrite (55.86%), austenite (44.13%) and MnS (0.02%) is already formed.

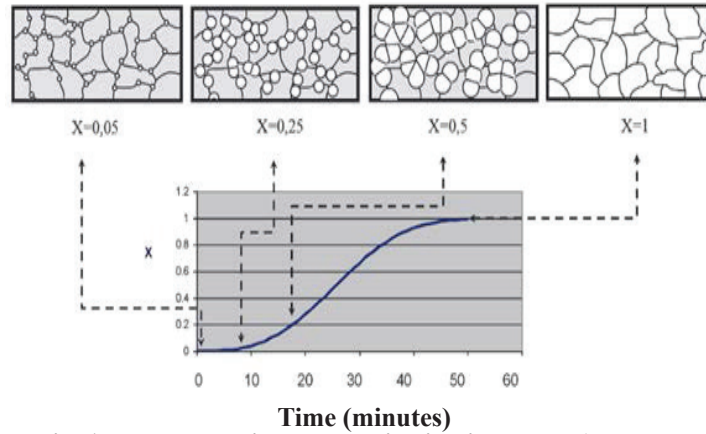


Fig. 1. Metadynamic recrystallisation in the JMAK model

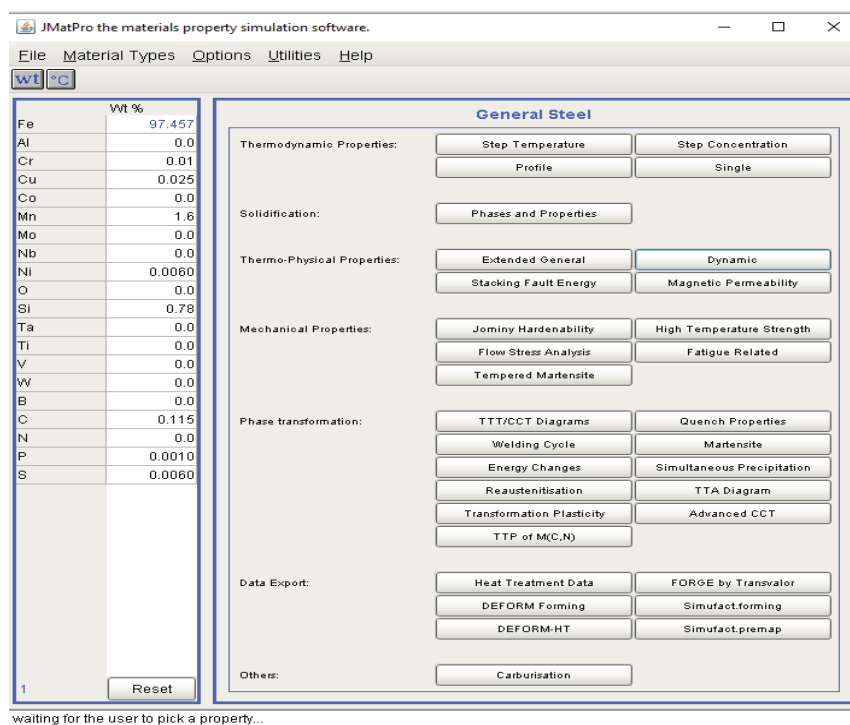


Fig. 2. Post-application of mathematical modelling of phase transformation

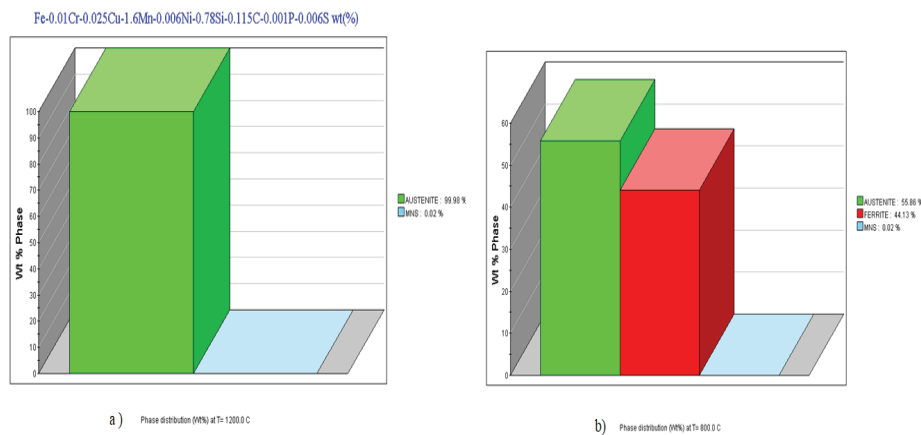


Fig. 3. Phase composition of 09G2S steel at dressing and welding temperature: a – 1200°C; b – 800°C

It is known from literature sources [20-22] that the crystallisation onset temperature of the investigated steel is below the temperature of 1200°C. At this temperature, liquid phase is present, hence the crystallisation end temperature is lower than 1200°C. The lower the phase transformation temperature, the greater the concentration difference between these phases. On cooling below 723°C, austenite decomposes into ferrite and cementite.

Fig. 4 shows the phase composition of 09G2C steel at temperatures of 600 and 20°C. It can be seen from the data obtained that at 600°C the ferrite content is 98.29% and cementite content is only 1.69% (MnS 0.02%). On further cooling to room temperature, the structure of the steel changes, the ferrite content decreases to 98.25% and the cementite content increases to 0.94% (remaining MnS).

As noted in [18-22], simultaneously with the stages of crystallisation in the temperature range from 730 to 650°C in the structure begin to develop processes called "pre-rotation phenomena". The essence of these phenomena lies in the fact that between grains there is a gradual weakening of boundary bonds, coexisting with further changes in the dislocation structure of the boundaries, their composition and thickness. As a result, at the grain boundaries and inside them there appear areas, as if prepared for the beginning of phase transformation (so-called densification or fluctuations of transformation) and having a less stressed state than the grains and their boundaries. Due to this, the grains become even more active and their temperature mobility increases.

Fig. 5 shows the results of thermokinetic calculation of the phase composition of 09G2S steel.

Phases during equilibrium crystallization of the alloy showed the results presented in (Fig. 5). According to the obtained data, it was established that the crystallization start temperature of 09G2S steel $T_L = 823^\circ\text{C}$ and the end temperature of recrystallization $T_S = 680^\circ\text{C}$. The obtained results are consistent with the data presented in [22].

The capabilities of the JMatPro software allow constructing thermokinetic (SST) and isothermal (TTT) diagrams of the metals under study. (Fig. 6) shows the calculated diagrams of 09G2S steel, which are constructed from a temperature below the austenization temperature of 884°C. When calculating, the program takes into account that at this temperature the austenitic phase is already present.

Thus, the obtained data allowed us to determine the key phase transformations in the steel under study, as well as the temperature and rates of decomposition of austenite into the corresponding structural components. Analysis of thermokinetic calculations of possible phases during equilibrium crystallization of the alloy showed the results presented in (Fig. 6).

Conclusion. A brief review of works devoted to mathematical modelling of both diffusionless (martensitic) and diffusive phase transformations occurring in steels under thermomechanical loading has been carried out. Main conclusions on the review of mathematical models of structure change in steel of machine-building structures after thermal loading.

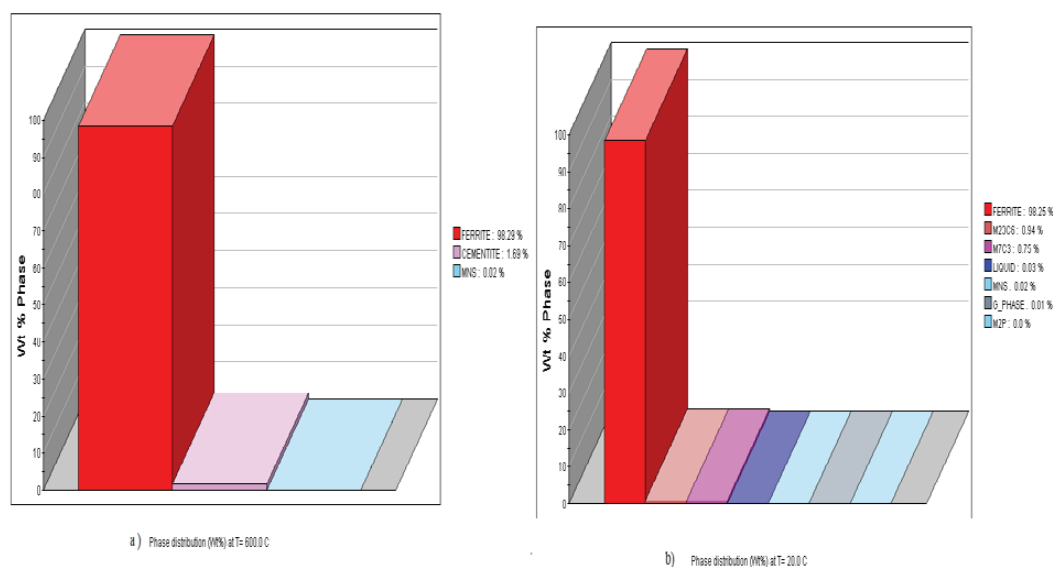


Fig. 4. Phase composition of 09G2C steel: a – 600 °C; b – 20 °C

Fe-0.01Cr-0.025Cu-1.6Mn-0.006Ni-0.78Si-0.115C-0.001P-0.006S wt(%)

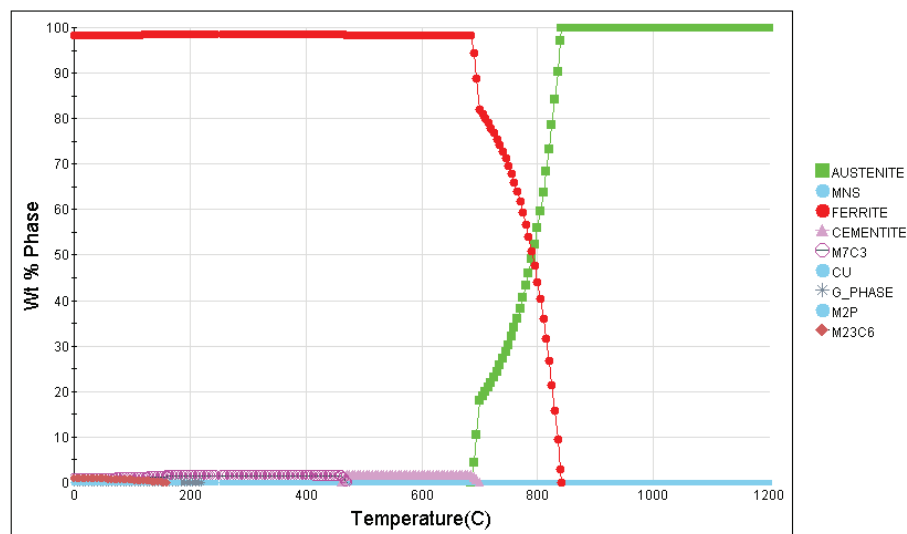


Fig. 5. Thermokinetic calculation of the phase composition of 09G2S steel in the equilibrium state

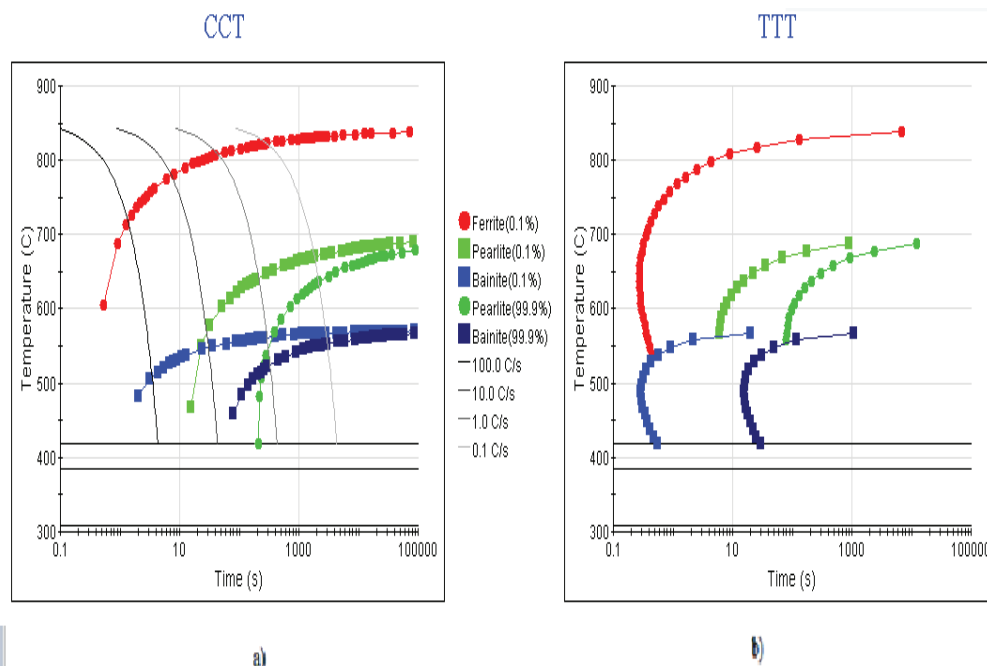


Fig. 6. Thermokinetic diagram of austenite decomposition and isothermal transformation diagram steel 09G2S: a – thermokinetic diagram; b – isothermal transformation diagram

1. The mathematical models of austenite decomposition kinetics proposed in the literature are mainly focused on decomposition under isothermal conditions. A number of these models do not take into account the stochastic nature of the process under consideration, which in turn complicates the further use of these models for the construction of thermokinetic diagrams and prediction of steel structure. The models that take into account the stochasticity of the nucleation of phase centres neglect the physics of

the process and do not consider the thermodynamic parameters of the process.

2. In many papers only qualitative results of research are given, while quantitative analyses are given only in some papers.

3. digitisation of isothermal and thermokinetic diagrams using existing software products is very difficult because they do not take into account all the features of these diagrams. Therefore, it is expedient to develop a software module that performs digitisa-

tion of the diagrams under consideration taking into account their peculiarities.

4. The variety of used methods and techniques for predicting steel structures is an indirect evidence that this issue is far from being solved. Modern studies related to the modelling of structural transformations in steel do not provide an opportunity to solve the problem of quantitative description of structural transformations at any heating rates, which in turn does not allow to predict the structure of the part after thermal loading.

5. Using the Johnson-Mel-Avrami-Kolmogorov mathematical model, the evolution of the microstructure of 09G2S steel under thermomechanical action characteristic of straightening and welding is considered. The characteristics of steel microstructure under this type of hot plastic deformation are calculated: the average size of recrystallised grains and their volume fraction.

This physical and mathematical model of structure evolution allows to predict with high accuracy the structural parameters of metallic materials, which allows their successful integration into modern computational systems of calculation of industrial processes of metal processing.

The review does not pretend to be complete, since the number of works in this area is growing very intensively. The choice of sources is determined by the potential possibility of developing the considered models for a more accurate description of phase transformations under thermomechanical action and, of course, is not without subjectivity.

BIBLIOGRAPHY:

1. Бурлуцький О. В., Фомін О. В., Ткаченко В. П. Формалізація структурно речових перетворень в несучих системах вантажних вагонів у результаті термічних впливів у процесі зварювальних і правочних робіт, Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту, Київ: ДЕТУТ, 2016. № 29. 54-71 с.
2. Волчук В. М., Штанденко М. Р. Математична модель прогнозу якості металу, Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2018, № 2. 31-35 с.
3. Ахонін Р. В., Березос В. О., Бондар О. І., Глухенький О. І., Гориславець Ю. М., Северин А. Ю. Математичне моделювання гідродинамічних та теплових процесів при кристалізації титанових зливків ЕПП, Сучасна електрометалургія, 2021. № 1. Р. 27-34 с.
4. Волчук В. М., Сізова О. Р. До прогнозу механічних властивостей металу, Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2018. № 4. 25-29 с.
5. Лабораторний практикум з технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства: Навч. Посібник / А. Р. Опальчук, О. О. Котречко, Л. Л. Роговський, за заг. ред. А. Р. Опальчука. Київ, Вища освіта, 2016. 287 р.
6. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А. П. Пахольок, О. А. Пахольок. Львів : Світ, 2015. 172 р.
7. Фомін О. В., Бурлуцький О. В., Особливості методики визначення втомної довговічності напіввагона з урахуванням експлуатаційних ушкоджень, Східно-Європейський журнал передових технологій, 2013, Вип. 2/7. 12-16 р.
8. Фомін О. В., Логвіненко О. А., Бурлуцький О. В., Шелест Д. А., Фоміна А. М., Математичне моделювання процесу термічної правки балки хребтової вантажних вагонів-платформ, Вісник Східноукраїнського національного, 2019. № 3(251). 186-190 р.
9. Чухліб В. Л., Губський Р. О., Окунь А. О., Формалізовані підходи до визначення числа технологічних переходів при виробництві гнутих профілів, Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. № 2. 169-173 р.
10. Губський С. О., Чухліб В. Л., Біба М. В. Моделювання формоутворення гнутого профілю зі змінним перерізом : зб. наук. пр., Харків : НТУ "ХПІ", 2022 №1, 80-84 р.
11. Матеріалознавство : підручник за заг. ред. проф. Р. Р. Дяченко, Харків : ХНАДУ, 2017. 440 р.
12. Металознавство підручник Черненко В. Р., за заг. ред. Бялік О. М., ІВЦ Видавництво "Політехніка", 2015. 384 р.
13. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник. за заг. ред. Попович В. В., Львів: Світ, 2016. 624 р..
14. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник, Хільчевський В. В., Кондратюк Р. Є., Либідь, 2015. Р. 328 р.
15. Avrami M. Kinetics of phase change. II: transformation-time relations for random distribution of nuclei, Journal of Chemical Physics. 1940. Vol. 8. 212 р.
16. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань. підруч. для студ. вищих навч. /Єфіменко М. Г., Радзіілова Н. О., Харків. 2003. 488 р.
17. Saunders N., Guo Z., Li X., Miodownik A. P., Schillé J-Ph. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior. JOM, 55. 2003. № 12. 60-65 р.
18. Tongwen H., Chengshang Z. A Surface Diffusion Controlled Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov Model for Hydrogenation of Mg-based Alloys. July 2023 The Journal of Physical Chemistry 127-28 р.
19. Johnson W. A., Mehl R. T. Reaction kinetics in processes of nucleation and growth, Trans AIME 1939. Vol. 185. 416-442 р.

20. Gorobchenko O., Fomin O., Gritsuk I., Sarasvas V., Grytsuk Y., Bulgakov M., Volodarets M. and Zinchenko D. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). Kharkiv, Ukraine. 2018. 239-243 p. doi:10.1109/IEPS.2018.8559487

21. Kolmogorov A.N. On the Statistical Theory of Crystallization of Metals, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Mat.* 1937. Vol. 3. 355–359 p.

22. Целиков А.І., Полухін П.І., Гребеник В.М., Ф.К. Іванченко, М.А. Тилкін, В.І. Зюзін. *Машины та агрегати для виробництва та оздоблення прокату*, М.: Металургія, 1987. 480 p.

REFERENCES:

1. Burlutskyi O. V., Fomin O. V., Tkachenko V. P. Formalisation of structural and material transformations in the bearing systems of freight cars as a result of thermal effects during welding and straightening works, *Proceedings of the State University of Economics and Technology of Transport*, Kyiv: DETUT, 2016. № 29. 54-71 p.

2. Volchuk V. M., Shtandenko M. S. Mathematical model of metal quality forecasting, *Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2018, No. 2. 31-35 p.

3. Akhonin S. V., Berezos V. O., Bondar O. I., Glukhenkyi O. I., Gorislavets Y. M. Mathematical modelling of hydrodynamic and thermal processes during the crystallisation of titanium ingots by EAF, *Modern Electrometallurgy*, 2021. № 1. 27-34 p.

4. Volchuk V. M., Sizova O. R. To the prediction of mechanical properties of metal, *Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2018. № 4. 25-29 p.

5. Laboratory workshop on the technology of structural materials and materials science: Study guide / A.S. Opalchuk, O.O. Kotrechko, L.L. Rogovsky, edited by A.S. Opalchuk. Kyiv, Higher Education, 2016. 287 p.

6. Fundamentals of materials science and structural materials: textbook / A. P. Pakholyuk, O. A. Pakholyuk. Lviv: Svit, 2015. 172 p.

7. Fomin O.V., Burlutskyi O.V., Features of the methodology for determining the fatigue life of a gondola car taking into account operational damage, *East European Journal of Advanced Technologies*, 2013, Issue 2/7. 12-16 p.

8. Fomin O.V., Logvinenko O.A., Burlutskyi O.V., Shelest D.A., Fomina A.M., Mathematical modelling of the process of thermal straightening of the girder beam of platform freight cars, *Bulletin of the East Ukrainian National University*, 2019. № 3(251). 186-190 p.

9. Chukhlib V. L., Gubskiy S. O., Okun A. O., Formalised approaches to determining the number of technological transitions in the production of bent profiles, *Bulletin of the National Technical University 'KhPI'. Ser: NTU 'KHPI'*, 2020. № 2.169-173 p.

10. Gubskiy S.O., Chukhlib V.L., Biba M.V. Modelling of shaping of a bent profile with a variable cross-section: Collection of scientific articles, Kharkiv: NTU 'KhPI', 2022 №1, 80-84 p.

11. Materials Science: textbook under the editorship of Prof. S. S. Dyachenko, Kharkiv: KHNADU, 2017. 440 p.

12. Metallurgy textbook by Chernenko V. S., edited by Bialik O. M., IVC Publishing House 'Polytechnic', 2015. 384 p.

13. Technology of structural materials and materials science: Textbook. edited by Popovych V.V., Lviv: Svit, 2016. 624 pp.

14. Materials Science and Technology of Structural Materials: Textbook, Khilchevskiy V.V., Kondratiuk S.E., Lybid, 2015. P. 328 p.

15. Avrami M. Kinetics of phase change. II: transformation-time relations for random distribution of nuclei, *Journal of Chemical Physics*. 1940. Vol. 8. 212 p.

16. Metallurgy and heat treatment of welded joints. textbook for students of higher education / Efimenko MG, Radzielova NO, Kharkiv. 2003. 488 p.

17. Saunders N., Guo Z., Li X., Modownik A.P., Schillé J-Ph. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behaviour. *JOM*, 55. 2003. № 12. 60-65 p.

18. Tongwen H., Chengshang Z. A Surface Diffusion Controlled Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov Model for Hydrogenation of Mg-based Alloys. *July 2023 The Journal of Physical Chemistry* 127-28.

19. Johnson W.A., Mehl R.T. Reaction kinetics in processes of nucleation and growth, *Trans AIME* 1939. Vol. 185. 416-442 p.

20. Gorobchenko O., Fomin O., Gritsuk I., Sarasvas V., Grytsuk Y., Bulgakov M., Volodarets M. and Zinchenko D. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). Kharkiv, Ukraine. 2018. 239-243 p. doi:10.1109/IEPS.2018.8559487

21. Kolmogorov A.N. On the Statistical Theory of Crystallisation of Metals, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Mat.* 1937. Vol. 3. 355-359 p.

22. Tselikov A.I., Polukhin P.I., Grebenik V.M., F.K. Ivanchenko, M.A. Tylkin, V.I. Zyuzin. *Machines and units for the production and finishing of rolled products*, Moscow: Metallurgy, 1987. 480 p.

*Стаття надійшла до редакції
10 березня 2025 року*

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА

УДК 678.5

Доманцевич Н. І.,

*nina.domantzevich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6157-7079, Researcher ID: F-3069-2019,
д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

Яцишин Б. П.,

*bogdan.yatsyshyn7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6762-2646,
д.т.н., проф., професор кафедри, Національний Університет «Львівська політехніка», м. Львів*

ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОГО ДУАЛІЗМУ ДІЇ ДОДАТКІВ У МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІМЕРАХ

Анотація. У роботі акцентується на одній із проблем у дослідженні процесів старіння полімерних плівок – на дії окремих додатків, наповнювачів та технологічних добавок, що по-різному можуть проявляти себе у залежності від впливу агентів старіння на різних етапах складування та експлуатації. Аналізу підлягали полімерні матеріали з невеликою кількістю додатків (до 10 ваг. %). При цьому підкреслювалося, що зміни фізико-механічних властивостей модифікованих полімерних матеріалів можуть проявлятися у суперечливій манері залежно від виду, часу та інтенсивності факторів оточуючого середовища, а також кількості та різновиду додатків. Розглянуто особливості перебігу процесу зміни фізико-механічних характеристик полімерних матеріалів протягом різних періодів дії агентів старіння, вказано на можливість змін якісних функцій композитів внаслідок дій наповнювачів та інгредієнтів. Аналіз результатів сумісної дії додатків до модифікованих полімерних матеріалів дає можливість узагальнити і визначити ймовірні напрямки експлуатації отриманих матеріалів, передбачити час та гарантійний термін роботи полімерного зразка, а за потреби провести коригування властивостей матеріалів з метою збільшення термінів експлуатації. Зроблено висновок, що часовий дуалізм впливу додатків на полімерну матрицю слід сприймати як своєрідне виявлення постійної зміни структури та властивостей композитів, що тяжко передбачуваний і вимагає практичних досліджень із встановленням таких експлуатаційних умов, що відповідають застосуванню матеріалу. Основний метод досліджень – прискорені випробовування, які застосовуються дедалі частіше внаслідок постійного збільшення термінів використання модифікованих продуктів, мають суттєвий недолік, оскільки проводяться за підвищених температур, вищої інтенсивності зовнішніх факторів та невідповідності дії агентів старіння. У сучасних дослідженнях повинні також використовуватися методи, які поєднують аналіз результатів експериментів та моделювання етапів життєвого циклу полімерних виробів разом із постійним удосконаленням і коригуванням складу полімерних композитів, передбаченням змін їх структури та властивостей і обов'язковим проведенням випробувань у природному середовищі (або за умовами застосування). Слід спрямувати подальші дослідження на поглиблене вивчення механізму зміни фізико-механічних характеристик у випадку комплексної дії різних факторів на модифіковані полімерні плівки із збільшеною кількістю додатків та визначити швидкість перебігу цих процесів.

Ключові слова: полімери, поліетиленові плівки, фізико-механічні характеристики, модифікуючі добавки.

Domantsevych N. I.,

*nina.domantzevich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6157-7079, Researcher ID: F-3069-2019,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science,
Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

Yatsyshyn B. P.,

*bogdan.yatsyshyn7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6762-2646,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department,
«Lviv Polytechnic» National University, Lviv*

EXPERT STUDY OF TEMPORAL DUALISM OF THE ACTION OF ADDITIVES IN MODIFIED POLYMERS

Abstract. *The article focuses on one of the problems in the study of the aging processes of polymer films – on the effects of separately highlighted additives, fillers and technological additives, which can manifest themselves in different ways depending on the influence of aging agents. Polymer materials with a small amount of additives (up to 10 wt. %) were subjected to analysis. At the same time, it was emphasized that changes in the physical and mechanical properties of modified polymer materials can manifest themselves in a contradictory manner depending on the type, time and intensity of environmental factors, as well as the quantity and variety of additions. The peculiarities of the process of changing the physical and mechanical characteristics of polymer materials during different periods of action of aging agents are considered. The possibility of changes in the quality functions of composites due to the actions of fillers and ingredients is indicated. Analysis of the results of compatible applications to modified polymer materials makes it possible to summarize and determine the likely directions of exploitation of the received materials. In this case, it becomes realizable to predict the time and warranty period of the polymer sample, and if necessary, to adjust the properties of the materials in order to increase the service life. It is concluded that the temporal dualism of the influence of additives on the polymer matrix should be perceived as a kind of detection of a constant change in the structure and properties of composites, which is difficult to predict and requires practical research with the establishment of such operating conditions that correspond to the application of the material. The main research method – accelerated tests, which are used more and more often due to the constant increase in the terms of use of modified products, have a significant drawback, since they are carried out at elevated temperatures, higher intensity of external factors and inconsistency of the action of aging agents. Modern research should also use methods that combine the analysis of experimental results and modeling of the life cycle stages of polymer products, along with constant improvement and adjustment of the composition of polymer composites, prediction of changes in their structure and properties as well as mandatory testing in the natural environment (or under application conditions). Further research should be directed to an in-depth study of the mechanism of changes in physical and mechanical characteristics in the case of the complex action of various factors on modified polymer films with an increased quantity of additives and to determine the speed of these processes.*

Key words: polymers, polyethylene films, physical and mechanical characteristics, modifying applications.

JEL Classification: L69

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-02>

Постановка проблеми. У більшості робіт, які присвячені проблемам старіння полімерів, дослідження пов'язуються з подовженням термінів експлуатації захисних покриттів та збереження роботоздатності полімерних виробів у несприятливому навколишньому середовищі чи під механічними навантаженнями. У таких працях епізодично визначається придатність створеної полімерної композиції «полімер +технологія виготовлення+ модифікуючі добавки» до умов та термінів експлуатації, не акцентуючи увагу на

окремі впливи додатків і дії конкретних інгредієнтів на фізико-хімічні властивості полімерної матриці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначена у ранніх роботах проблема старіння полімерних матеріалів із додатками має розпливчасте трактування щодо запобігання процесам їх деструкції та руйнування у певних часових проміжках, як і у час повного життєвого циклу взагалі [1-2]. У ряді робіт було вказано, що за певних зовнішніх обставин (умови складування

та експлуатації), при внесенні додатків, наповнювачів та технічних інгредієнтів, а також за сумісної дії складових компонент модифікованих полімерних матеріалів та дії навколишнього середовища можуть спостерігатись як сповільнення, так і прискорення процесів старіння. Проте така наукова інформація носить періодичний, а деколи суперечливий характер та потребує розвитку або уточнення.

Розвиток науки старіння полімерів базувався на роботах дослідників із впливу на матеріал ультрафіолетового випромінювання, змін температури та інших природних факторів, а також механічних навантажень й в основному носив характер вивчення впливу одиночних (окремих) агентів на структуру та властивості «чистих» полімерів і строго контрольованих за компонентним складом сумішей [3-4]. Саме ці роботи сформуливали концепції впливу агентів старіння, визначили недостатність обмеженого врахування факторів старіння для полімерних композитів, показали потребу досліджень як дії певної кількості окремих компонент, так і комплексного впливу чинників на старіння полімерів.

Подальші роботи розвинули ряд концепцій руйнування полімерів залежно від виду матеріалу, компонентного складу, дії (виду, часу та напрямку) дестабілізуючого фактора (нагрівання, окиснення, механічного руйнування або іншого агента впливу) тощо. Однак широке використання полімерних матеріалів, збільшення випадків їх застосування у нових сферах виробництва, розширення погодного ареалу вжитку призвело до потреби конкретизації можливостей змін життєвих циклів полімерних виробів.

Застосування додатків до полімерів описується у багатьох роботах науковців та дослідників, більше того – виникли думки про дослідження «чистих», без домішок полімерних матеріалів та протилежних до них – досліджень матеріалів із забрудненнями та домішками. Останні в основному пов'язані як із потребою розширення застосування матеріалів, так і з використанням вторинних матеріалів та рециклінгу. Матеріали більшості робіт систематизовані за дією на обраний полімер домішок (пластифікатори, стабілізатори, наповнювачі, антиоксиданти тощо) без урахування кількості введених у матрицю інгредієнтів, часу їх впливу та умов оточуючого середовища. У роботі Л. Масція та М. Ксанфос [5] проведено класифікацію додатків, вказано на їх важко передбачуваний вплив на властивості полімерів, а також показано приклади дії окре-

мих інгредієнтів на зниження ефекту старіння. У своїй монографії Брідсон Дж. вважає, що властивості полімеру можуть бути значно змінені введенням добавок [6]. Крім того, певні добавки (розглядаються таких 12 різних типів компонентів) можуть як застосовуватись у різних полімерах (наприклад, антиоксиданти), так і проявляти дуже специфічну дію для конкретного полімеру чи в часі виявлення дії. Серед робіт із застосуванням додатків до полімерів слід виділити працю під редакцією та авторством Г. Звейфеля, яка описує зміни властивостей матриці, напрямки і специфіку дії окремих інгредієнтів. Окремо виокремлюється робота Пірінгера О. Г. та Банера А. Л., де розглядається вплив додатків до полімерних упакувань, призначених для харчової та фармакологічної промисловості. У роботі Чанди М. та Роя С. К. розглядаються дії додатків на окремі види полімерних матеріалів (поліпропілен, поліетилен, поліаміди, поліуретани тощо) та дано рекомендації з їх застосування. У своїй праці [7] Ч. А. Харпер більш детально розглядає вплив додатків на фізико-хімічні властивості полімерів, розширивши сферу застосування за рахунок технологічних добавок – каталізаторів, сліпів (ковзаючих елементів) і лабрикантів (змащувачів), піноутворювачів та інших інгредієнтів, що допомагають провести виробничий процес і отримати якісний виріб.

Глибокий аналіз дії додатків на полімерну матрицю проводить у монографії Дж. Марфі, торкаючись всіх аспектів структуроутворення у різних полімерних матеріалах, формування наноструктур, питань синергізму та багатовекторної дії додатків. У багатотомній праці Е. І. Фліка охоплено дані про добавки до різних типів полімерів і вказано, до чого вони застосовуються, проте не проведено аналізу такого використання.

Ряд досліджень роблять акцент на дії конкретних додатків (наповнювачів, пластифікаторів, пігментів, тепло- та світлостабілізаторів тощо), а також їх впливу за особливих умов виготовлення чи використання. Застосування наповнювачів є завжди актуальним, оскільки вирішує проблеми здешевлення продукції, надання необхідних технологічних та споживних характеристик, на що вказано у роботі під редакцією М. Ксанфос [8]. Причому розгляду підлягають різні типи наповнювачів (органічні, мінеральні, порошки металів тощо), а паралельно вказується на причини їх застосування та зміни фізико-хімічних та фізико-механічних характеристик полімерної матриці та композиту на її основі. Крім цього, подані резуль-

тати застосування різних модифікаторів, що змінюють структуру та властивості полімеру – біоцидів, антипіренів та антисептиків. Впливу окремих додатків на властивості полімерів – пластифікаторів, присвячена робота А. Випич [9], у якій наводяться важливі очікування від застосування модифікаторів та впливу на розвиток бажаних властивостей (зниження температури склування полімеру, підвищення гнучкості матеріалу, збільшення технологічності виготовлення тощо), хоча інколи внаслідок неконтрольованого введення пластифікатора чи несумісності характеристик із матрицею можуть виникати специфічні прояви його дії (значна зміна механічних та дифузійних характеристик, вплив на хімічну реакційність, зміна електричних характеристик тощо).

Застосування пігментів, фарб та спеціальних додатків для виготовлення сучасних високоестетичних виробів із полімерів розглядається у роботах груп дослідників під керівництвом С. Кеніга та Е. Гаркін-Джонс. Вплив таких специфічних додатків фіксували на змінах структури та механічних характеристик.

Група дослідників під керівництвом Гольдаде В. А. розглянула впливи різноманітних інгібіторів газової корозії металів, введених у покриття та пакувальні полімерні матеріали різної форми та конструкції. Вказано, що дія додатків не обмежується процесами збереження металевої продукції, супроводжується змінами структури, фізичними та хімічними характеристиками захисного полімеру, призводить до змін у процесах окиснення, підвищення механічних характеристик (зношуваності при контакті) системи «метал-полімер» та довговічності захисних полімерних матеріалів [10].

Виділяється робота із застосування різнопланових стабілізаторів у полімерах, яка була виконана під керівництвом Мукменєва Н. А. Показано можливості проведення інгібування окислення поліфункціональними стабілізаторами, встановлення стійких кольорів виробів, застосування моделювання хімічних процесів полімерів за використання стабілізаторів.

Аналіз наукових робіт визначив важливість досліджень впливу додатків у полімерах, напрямки створення нових композитних матеріалів і, головне, дав розуміння створення нових функціональних полімерних матеріалів із змінним життєвим циклом і регульованим часом експлуатації.

Постановка завдання. Метою роботи було дослідження дії додатків до полімерних матері-

алів за різних умов експлуатації та термінів життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження зосередили на матеріалах, що найчастіше використовуються для створення модифікованих полімерних виробів і мають схильність змінювати свої властивості у залежності від технології отримання та експлуатації. До таких полімерних матеріалів можна віднести тонкоплівкові вироби різного призначення та композитні матеріали, покликані для експлуатації в екстремальних умовах (вироби для будівельної та аерокосмічної галузі). Більшість цих матеріалів отримували методом екструзії, а добавки вводили безпосередньо у гранулят.

Дослідженнями встановлено, що введення додаткових інгредієнтів-наповнювачів у склад поліетиленом плівки харчового призначення значно зменшує матеріальні витрати, а у випадку застосування світловідбиваючих компонент покращує умови зберігання харчової продукції. Такі модифіковані полімерні захисні матеріали використовуються зазвичай на невеликий період зберігання харчового продукту – від одного до шести тижнів.

ЄС має гармонізовану правову базу, згідно з якою Регламент 1935/2004 встановлює загальні принципи безпеки та нешкідливості матеріалів (FCM – food contact materials), що контактують із харчовими продуктами, а Регламент 10/2011 – конкретні принципи по відношенню до пластикових упакувань. Країни-члени ЄС мають право у національному законодавстві доповнювати правила і регламенти ЄС по відношенню FCM за відсутності необхідних норм у загальноєвропейських документах. В Україні відповідно до затверджених Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» (№ 774/23306, редакція – від 04.02.2021) та Державних санітарних правил і норм (ДСанПіН) «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» (наказ МОЗ №1238 від 22.05.2020 р.), які екстраполюються до безпеки та нешкідливості матеріалів, що контактують із харчовими продуктами, термін зберігання харчової продукції у вакуумному полімерному пакуванні визначається торговельними мережами від 7 до 90 днів. Відповідно, за таких малих термінів зберігання питань щодо відхилень у значеннях дифузійних та механічних характеристик упакувань не виникає. Проте за використання аналогічних матеріалів для

упакування сушених чи сухих сипучих продуктів і сумішей для тривалого (більше 2-3 років) зберігання виникають зміни через зменшення механічних характеристик та збільшення проникності захисних покриттів, а в наступному – змін життєвого циклу пакувань. Використання мінеральних наповнювачів у плівках для короткочасного захисту, що експлуатуються протягом нетривалих термінів після виготовлення, призводить до покращення характеристик (пониження вартості) виготовлення без зниження якості харчової продукції, проте за тривалих термінів використання та невідповідності умов складування відбуваються порушення структури, виникнення дефектності, зменшення якісних, а в кінцевому результаті і часових параметрів життєвого циклу (рис. 1). Крім цього, проблематичним може виявитися використання завчасно виготовленої плівки з великою затримкою (більше 3 років) до введення в експлуатацію для зберігання харчової продукції.

Використання деяких додатків призводить до ситуаційної залежності двонаправленості дії додатку при визначенні якості композитного матеріалу за різних умов та термінів використання. Початкові значення паропроникності поліетиленових плівок із додатками значно нижчі від значень у не модифікованих плівок (табл. 1). Причому показники WVTR (water vapor transmission rate – швидкість перенесення водяної пари) плівок із додатками мінерального наповнювача менші від показників у плівок із органічними чи змішаними додатками. Паропроникність плівок зростає після 7 років закритого складування до максимального значення $WVTR = 0,554 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$ для плівок із наповнювачем Credolen, що свідчить про певну спрямованість дії додатків і підтвер-

джується дослідженнями змін фізико-хімічних властивостей плівок протягом тривалого часу.

Фактично мінеральні та змішані наповнювачі-додатки, які покращують захист харчової продукції, додатково ізолюючи товар від проникнення кисню на початковому етапі зберігання, можуть призводити до посилення руйнування плівки та зниження її бар'єрних характеристик при термінах зберігання більше 5-7 років.

Аналогічний ефект виявлено також за використання металевого наповнювача – дрібнодисперсного алюмінію, що деколи застосовують як світловідбиваючий і світлостабілізуючий елемент у покритті чи упакуванні. Проте перш за все застосування Al – це збільшення діелектричної проникності, електропровідності чи підвищення механічних характеристик полімерних (поліетилен, поліетилентерефталат) виробів на початкових етапах життєвого циклу бар'єрного покриття чи виробу [13]. Відомо [14], що наявність Al у полімерному матеріалі сприяє збільшенню кількості дрібнокристалічних утворень, підвищенню загальної кристалізації полімерної матриці, відповідно, підвищенню механічних та бар'єрних характеристик.

Невеликі додатки Al застосовують з метою стабілізації фізико-хімічних характеристик поліетиленових плівок, модифікованих летким інгібітором атмосферної корозії металу+пластифікатор, призначених для зберігання металевих виробів. Привертає увагу початкове пониження показника міцності на розривання σ_{pp} у плівок, що містили незначні додатки алюмінію (порівняно з немодифікованими зразками) [15], що особливо помітно при дослідженнях міцності на розривання за підвищеної температури та вологості. Втім, дослідження механічних характеристик таких плівок,

Таблиця 1

**Зміна показника паропроникності WVTR* поліетиленових плівок
із додатками (h = 50 мкм) протягом 7 років**

Склад плівки	Початкові значення	7 рік складування
	WVTR, мг/м ² ·с	WVTR, мг/м ² ·с
LDPE (low-density polyethylene)	0,325	0,442
LDPE + 5,6 ваг.% Credolen	0,3125	0,446
LDPE + 16,6 ваг.% Credolen	0,187	0,427
LDPE + 23,2 ваг.% Credolen	0,155	0,554
LDPE + 8,6 ваг.% казеїну	0,193	0,308
LDPE + 21 ваг.% «Vatpol»	0,269	0,384
LDPE + 27,2 ваг.% «Vatpol»	0,274	0,414

Примітка: Вимірювання проводилися після 30 діб стабілізації ваговим методом (метод сухої чашки), використовуючи металеві стаканчики, відповідно до міжнародних нормативних документів ISO 7783, ISO 2528 та ASTM D 1653.

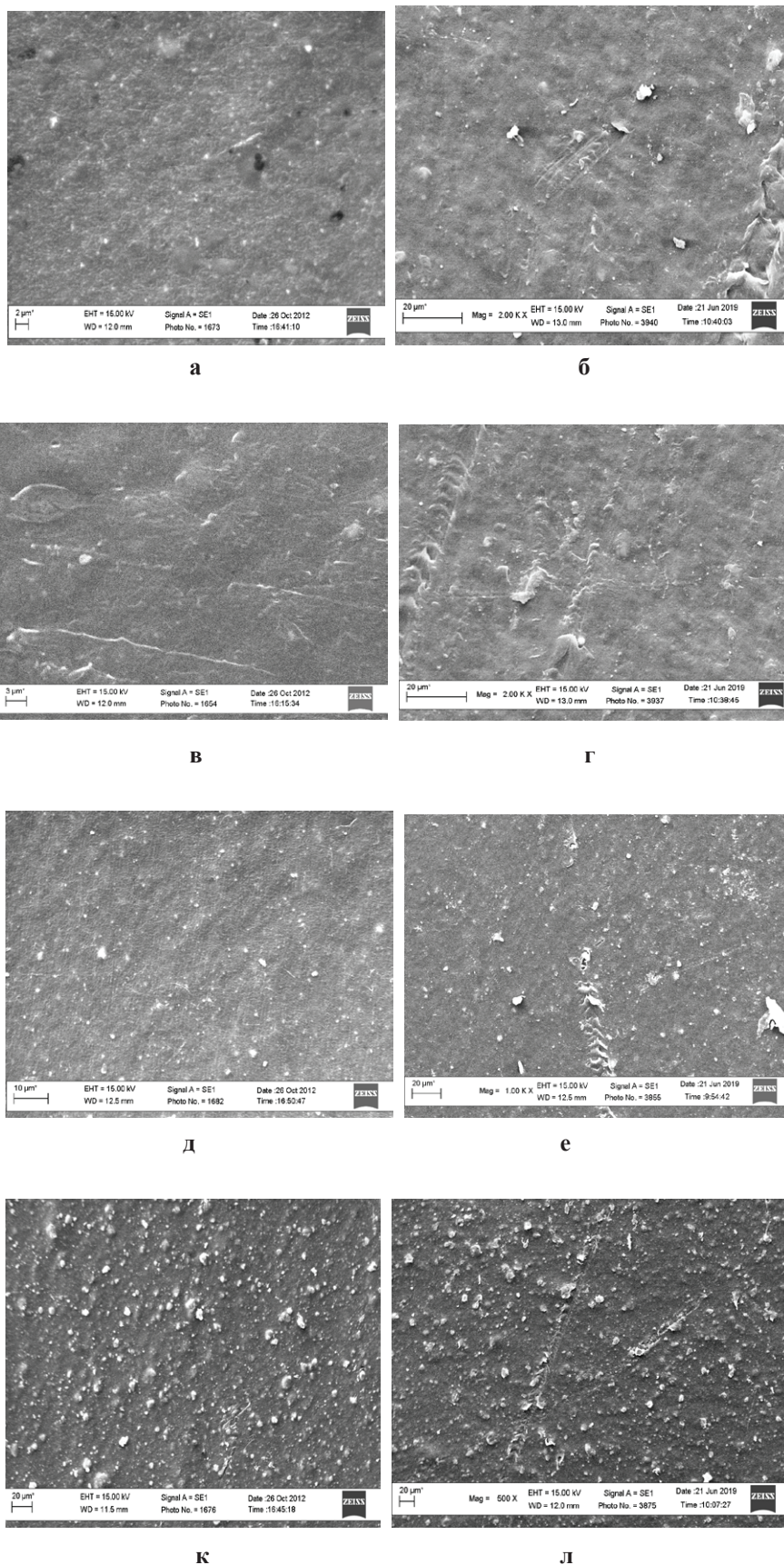


Рис. 1. Старіння та зміна структури поліетиленових плівок для пакування харчових продуктів:
а – [11], б – без додатків, X 2000; в, г – з казеїном до 9 ваг. %, X 2000; д – [12], е – з мінеральним
наповнювачем Credolen 16,1 ваг. %, X 1000; к (X 300), л (X 500) – зі змішаним наповнювачем
Vatpol 21 ваг. %; а, в, д, к – після виготовлення; б, г, е, л – на 7 рік складування

що перебували у природному середовищі (відкрите складування), показували стійке зростання показника міцності на розривання як у період осінніх, так і у період весняно-літніх випробувань (з $\sigma_{pp} = 11,0$ МПа до $\sigma_{pp} = 11,7 - 13,1$ МПа). Зростання кристалічності таких плівок за рахунок введення алюмінію та його дії на полімерну матрицю не компенсувало незначний ріст паропроникності (яка для модифікованих плівкових матеріалів зростала від $WVTR = 0,14$ мг/м²·с до значення $WVTR = 0,17-0,215$ мг/м²·с у ті ж періоди випробувань), яка збільшувалася внаслідок зростання дефектності по лінії розділу «аморфний-кристалічний стан». Тобто вплив металевого дрібнодисперсного Al наповнювача є сприятливим на початкових етапах життєвого циклу матеріалу, проте поступово, у міру старіння модифікованої плівки, проявляється підсилення деструкційної дії металевих добавок з пониженням фізико-хімічних характеристик модифікованого покриття.

З цієї причини порошковий алюміній замінюють сучасними екрануючими матеріалами, світлостабілізаторами, квенчерами (коли необхідне додаткове самопідсвітлення матеріалу у вигляді флуоресцентного випромінювання), світлозахисними пігментами та поглиначами УФ-випромінювання (діоксид титану, неорганічні кольорові пігменти, сажа тощо) та фотоантиоксидантами (фенольними або гідроксибензоатами) [5, 16]. Проте така заміна не завжди доцільна як з економічної, так і з безпекової точки зору – дослідники вказують на дуже високу реакційну здатність залишків світлостабілізаторів у пластиковій матриці.

Більш акцентоване проявлення часового дуалізму добавок має місце за одночасним застосуванням суміші хімічних реагентів різного призначення з вільнорадикальними закінченнями, що можуть призводити до суттєвих змін внутрішньомолекулярної структури полімерної матриці (зшивання або деструкції), активного структуроутворення (кристалізації або аморфізації), змін фізико-хімічних (густини, дифузійних характеристик) та фізико-механічних характеристик.

Такі можливі зміни та їх часове виявлення теоретично важко передбачити, що вимагає проведення практичних досліджень. Не врахування часового дуалізму і вимог до подібних досліджень призводить до різноманітності результатів та їх неоднозначного трактування як щодо придатності захисного матеріалу, так і щодо якості та часової гарантії збереження виробу, що під-

лягає захисту. А будь-яка зовнішня деструкційна дія (опромінення, складні природні чи складські умови, механічні навантаження тощо) додатково призводить до появи кінцевих ненасичених або кисневмісних груп, які підсилюють руйнування матриці.

Використання у полімерах добавок інгібіторів атмосферної корозії металів як летких засобів захисту металовиробів у внутрішньопакувальному просторі вимагає не тільки технологічного вдосконалення процесів екструзії, а й чітких розрахунків термінів дії таких компонент як на продукт захисту, так і на саму полімерну матрицю. Тобто необхідно враховувати залишки інгібітора на певному етапі життєвого циклу пакування (визначати реальні терміни інгібування у певних умовах експлуатації), а також дію реакційно-активного додатку, який може викликати значні зміни у структуроутворенні. Деякі амінні інгібітори атмосферної корозії настільки активно сприяють процесам структуроутворення та призводять до значної деструкції матриці, що термін її використання не може перевищувати 3 років (рис. 2).

Аналіз стану поверхні захисної плівки та дані статистичного розподілу дефектів за розмірами вказують на негативну роль інгібіторів у збереженні цілості покриття зразків за довготривалої експлуатації та зберігання (рис. 3). Значна кількість дрібних пошкоджень цілості плівки неодмінно призводить до втрати якісного бар'єрного захисту внаслідок посилення дефектності, викликаній зовнішніми факторами та навантаженнями.

Для подовження термінів зберігання продукції та уникнення часового дуалізму добавок інгібіторів газової корозії застосовують різні технологічні та фізико-хімічні методики, покращені умови зберігання, зміну інгібіторів та сумішей хімічних добавок, потовщені захисні покриття, багатошарові плівки тощо. Найбільш простим методом є введення в склад полімерного композиту інших добавок, які протидіють прискореному старінню матриці й одночасно позитивно впливають на збереження товару. При використанні летких інгібіторів газової корозії металів амінного типу, що викликають збільшення кристалізації полімерного матеріалу та прискорене старіння, застосовують різні види хімічних речовин протидії деструкції – від використання пластифікаторів, які сприяють аморфізації матриці, до використання різних типів стабілізаторів.

Слід зазначити, що використання таких добавок окремо, як єдиного компоненту у полімер-

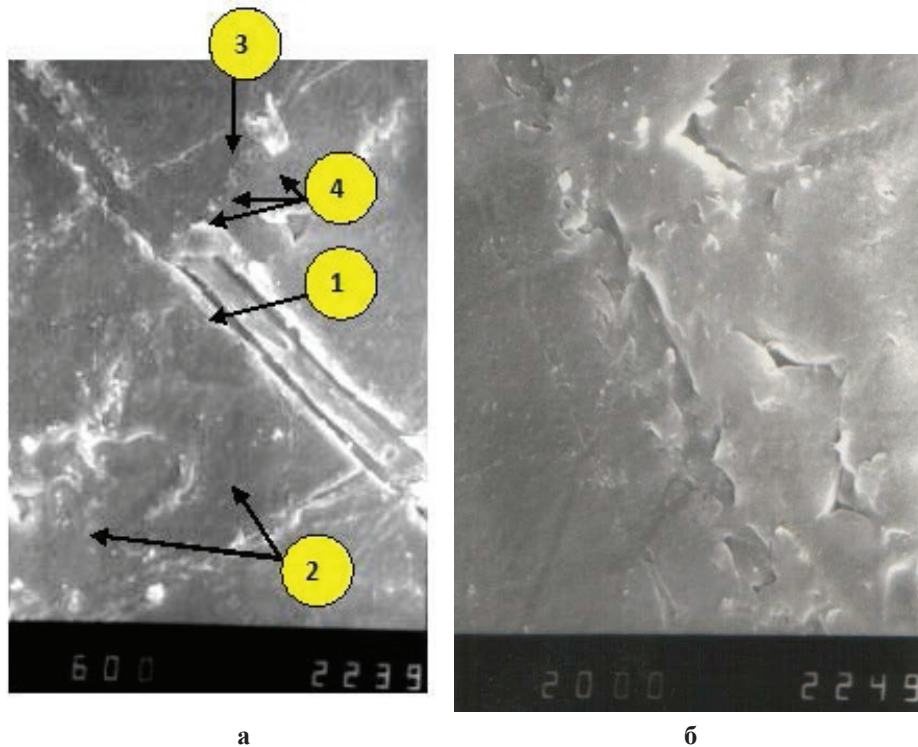


Рис. 2. Утворення дефектів та тріщин в інгібованих ЦГАБ (циклогексиламін бензоат) поліетиленових плівках: а – (поліетилен + 3 ваг. % ЦГАБ) за 3 роки складського старіння (1 – утворення магістральної тріщини на границі розділу аморфної та кристалічної фази; 2 – крейзи; 3 – початковий етап формування монокристалу поліетилену; 4 – утворення мікродефектів на границі росту монокристалу; х 600) [17-18]; б – (поліетилен + 1 ваг. % ЦГАБ) за 7 років складського старіння; X 2000

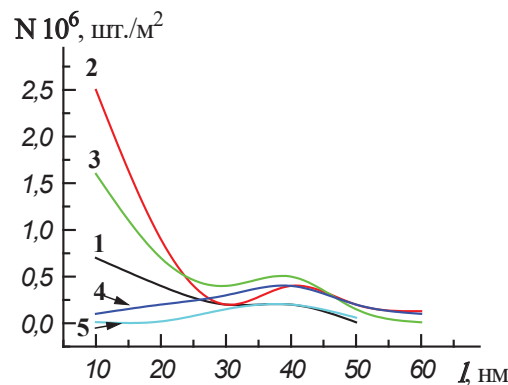


Рис. 3. Розподіл дефектів (пор, тріщин) за розмірами. Після 3 років експлуатації у вихідному зразку (1), інгібованому 1 ваг.% ЦГАБ (2), інгібованому 1 ваг.% ДЦГАБ (дициклогексиламін бензоат) (3), модифікованій плівці 1 ваг.% ДЦГАБ + 0,5 ваг.% ДЕГФ (ди-2-етилгексилфталат) (4), модифікованій плівці 1 ваг.% ЦГАБ + 0,5 ваг.% ДОС (диоктилсебацінат) (5)

ній матриці, теж виявляється з певним часовим дуалізмом якісних характеристик. Пластифікація полімерного матеріалу є у деяких випадках необхідною технологічною та експлуатаційною потребою, яка дозволяє підвищити технологічність виготовлення (тепер часто на етапі з виробництва використовуються технологічні мастила, ковзкі добавки тощо) та гнучкість тонкоплів-

кових полімерних матеріалів. Проте при цьому часто втрачаються високі дифузійні та механічні характеристики покриття [17]. Додатковою негативною стороною застосування пластифікаторів може бути втрата естетичного вигляду покриття, що виявляється для таких пластифікаторів як трансформаторне масло протягом короткого періоду часу (на 2-3 рік за незначною зміною стану

поверхні, помутнінням та масністю поверхні, що проявляється за тактильними відчуттями експериментатора), а для ДОФ, ДБФ (дибутилфталат) та інших – менш важливо, оскільки виявляються на 5-7 році електронно-мікроскопічними дослідженнями (рис. 4) [19-20].

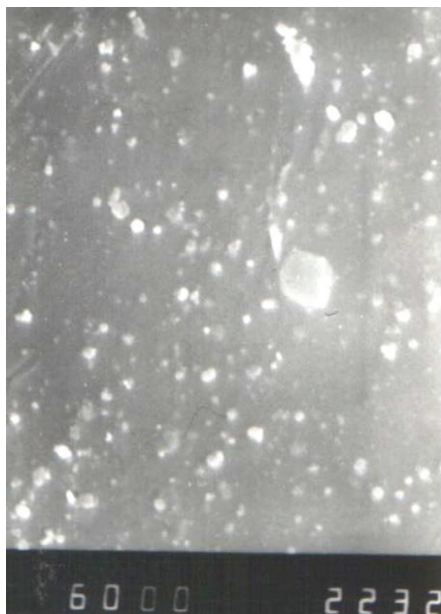


Рис. 4. Мікрофотографія поліетиленової плівки, модифікованої інгібітором ДЦГАБ (1 ваг. %) та пластифікатором ДЕГФ (1 ваг. %) (X 6000)

Слід зазначити, що не завжди та не всі добавки до полімерів виявляють часовий дуалізм при експлуатації та зберіганні, призводять до зниження бар'єрних властивостей полімерних покриттів та якості захисних функцій при використанні таких пакувальних матеріалів. Існує перелік інгредієнтів, що використовуються як стабілізатори початкового стану, чи стабілізатори за видами зовнішнього впливу (теплостабілізатори, світлостабілізатори, стабілізатори до дії полум'я чи холоду тощо). Крім цього, за певних умов експлуатації (зовнішнього впливу) негативні часові прояви та дії добавок можуть бути приглушені або взагалі ліквідовані. Так, при виготовленні тонкоплівкових матеріалів для захисту металовиробів застосовується цілий спектр добавок (летких інгібіторів атмосферної корозії металів, пластифікаторів, стабілізаторів, наповнювачів тощо), які враховують «зустрічну» дію продукту на полімерну матрицю, виявляють свої властивості у різний час, покращуючи чи погіршуючи якісні умови зберігання продукції. Це вимагає враховувати дію кожного компонента модифікованої плівки на різних етапах життєвого циклу

захисного покриття, встановлення змін структури, термінів посиленої кристалізації композиту, підвищення крихкості, ламкості покриття, деструкції та втрати захисних властивостей пакування.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Часовий дуалізм впливу добавок на полімерну матрицю слід сприймати як своєрідне виявлення постійної зміни структури та властивостей композитів, що тяжко передбачуваний і вимагає практичних досліджень із встановленням таких експлуатаційних умов, що відповідають застосуванню матеріалу. Основний метод досліджень – прискорені випробовування, які застосовуються дедалі частіше внаслідок постійного збільшення термінів використання модифікованих продуктів, мають суттєвий недолік, оскільки проводяться за підвищених температур, вищої інтенсивності зовнішніх факторів та невідповідності дії агентів старіння. Тому в сучасних дослідженнях використовуються методи, які поєднують аналіз результатів експериментів та моделювання етапів життєвого циклу полімерних виробів разом із постійним удосконаленням і коригуванням складу полімерних композитів, передбаченням змін їх структури та властивостей і обов'язковим проведенням випробувань у природному середовищі (або за умовами застосування).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Grassie N., Scott G. Polymer degradation and stabilization. Cambridge : Cambridge University Press, 1985. 222 p. ISBN 0-521-24961-9.
2. Hutchinson John M. Physical aging of polymers. *Progress in Polymer Science*. 1995. 20 (4). P. 703-760. URL: [https://doi.org/10.1016/0079-6700\(94\)00001-I](https://doi.org/10.1016/0079-6700(94)00001-I).
3. Harvey James A. Chemical and physical aging of plastics. Handbook of environmental degradation of materials / Ed. Myer Kutz. N.Y. : William Andrew Publishing, 2005. 612 p. P. 153-163. ISBN: 0-8155-1500-6.
4. Feller Robert L. Accelerated aging: photochemical and thermal aspects. Michigan : Edwards Bros., Ann Arbor, 1994. 292 p. URL: http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/accelerated_aging.
5. Mascia L., Xanthos M. An overview of additives and modifiers for polymer blends: facts, deductions, and uncertainties. *Advances in polymer technology*. 1992. 11 (4). P. 237-248. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adv.1992.060110402>.
6. Brydson J. A. Plastics materials. 7th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1999. 949 p. ISBN 0 7506 4132 0.

7. Modern plastics handbook / Charles A. Harper (editor in chief). NY : The McGraw-Hill Companies, 2000. 1231 p. ISBN 0-07-026714-6.

8. Functional fillers for plastics / Ed. Marino Xanthos. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. 437 p. ISBN-13 978-3-527-31054-8; ISBN-10 3-527-31054-1.

9. Wypych Anna Plasticizer databook. Toronto : ChemTec Publishing, 2013. 627 p. ISBN 978-1-895198-58-4.

10. Plastics for corrosion inhibition / V. A. Goldade, L. S. Pinchuk, A. V. Makarevich, V. N. Kestelman. Berlin : Springer-Verlag Heidelberg, 2005. 393 p. ISBN-10 3-540-23849-2; ISBN-13 978-3-540-23849-2.

11. Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П. Електропровідні характеристики тонко плівкових композитних матеріалів із мінеральними наповнювачами. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2019, 20 (1). С. 18-21. DOI: 10.15330/pcss.20.1.18-21.

12. Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П. Зміна структури поліетиленових плівок під час довготривалого старіння. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2020, 21 (1). С. 157-166. DOI: 10.15330/pcss.21.1.157-166.

13. Preparation, microstructure and properties of polyethylene aluminum nanocomposite dielectrics / X. Huang, P. Jiang, C. Kim, Q. Ke, G. Wang. *Composites Science and Technology*. 2008. 68 (9). P. 2134-2140. DOI: 10.1016/j.compscitech.2008.03.009.

14. Dasture M. D., Kelkar D. S. Aluminium-filled low-density polyethylene: Structural, morphological, and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2007. 106 (4). P. 2436-2441. DOI: 10.1002/app.26847.

15. Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П. Старіння полімерних матеріалів: фактори впливу, методи досліджень, моделювання та прогнозування процесів : монографія. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2023. 184 с. ISBN 978-617-602-328-9.

16. Pospíšil J., Nešpurek S. Polymer additives / Plastic Packaging. Eds. O. G. Piringer, A. L. Baner. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2008. 631 p. P. 63-88. ISBN: 978-3-527-31455-3. URL: <https://doi.org/10.1002/9783527621422.ch3>.

17. Аксіментьєва О. І., Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П. Дифузійні характеристики тонкоплівкових полімерних матеріалів та методи їх вимірювання : монографія. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2018. 140 с. ISBN 978-617-602-229-9.

18. Domantsevych N., Aksimentyeva O., Yatsyshyn B. Structure and properties of the modified polyethylene films. *Current trends in commodity science. Packaging : Zeszyty naukowe*. Poznan : Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, 2011, 186. P. 67-75. ISSN 1689-7374; ISBN 978-83-7417-594-4.

19. Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П. Структуро- та дефектоутворення при довготривалому старінні інгібованих полімерних плівок. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2003, 4 (2). С. 323-328.

20. Доманцевич Н. Зміна структури та властивості аморфних полімерних плівок з додаванням модифікуючих елементів. *Вісник Львівського університету. Серія фізична*. 2005, 38. С. 294-299.

REFERENCES:

1. Grassie N., Scott G. (1985) Polymer degradation and stabilization. Cambridge University Press, Cambridge, 222 p. ISBN 0-521-24961-9.

2. Hutchinson John M. (1995) Physical aging of polymers. *Progress in Polymer Science*, 20 (4), p. 703-760, available at: [https://doi.org/10.1016/0079-6700\(94\)00001-1](https://doi.org/10.1016/0079-6700(94)00001-1).

3. Harvey James A. (2005) Chemical and physical aging of plastics. Handbook of environmental degradation of materials / Ed. Myer Kutz. William Andrew Publishing, N.Y., 612 p. P. 153-163. ISBN: 0-8155-1500-6.

4. Feller Robert L. (1994) Accelerated aging: photochemical and thermal aspects. Edwards Bros., Ann Arbor, Michigan, 292 p., available at: http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/accelerated_aging.

5. Mascia L., Xanthos M. (1992) An overview of additives and modifiers for polymer blends: facts, deductions, and uncertainties. *Advances in polymer technology*, 11 (4), p. 237-248, available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adv.1992.060110402>.

6. Brydson, J. A. (1999) Plastics materials. 7th ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, 949 p. ISBN 0 7506 4132 0.

7. Modern plastics handbook / Charles A. Harper (editor in chief) (2000), The McGraw-Hill Companies, NY, 1231 p. ISBN 0-07-026714-6.

8. Functional fillers for plastics / Ed. Marino Xanthos (2005), WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 437 p. ISBN-13 978-3-527-31054-8; ISBN-10 3-527-31054-1.

9. Wypych Anna (2013) Plasticizer databook. ChemTec Publishing, Toronto, 627 p. ISBN 978-1-895198-58-4.

10. Plastics for corrosion inhibition / V. A. Goldade, L. S. Pinchuk, A. V. Makarevich, V. N. Kestelman (2005) Springer-Verlag Heidelberg, Berlin, 393 p. ISBN-10 3-540-23849-2; ISBN-13 978-3-540-23849-2.

11. Domantsevych, N. I., Yatsyshyn, B. P. (2019) Elektroprovodni kharakterystyky tonko plivkovykh kompozytnykh materialiv iz mineral'nymy napovniuvachamy. *Fizyka i khimiia tverdoho tila*, 20 (1), s. 18-21. DOI: 10.15330/pcss.20.1.18-21.

12. Domantsevych, N. I., Yatsyshyn, B. P. (2020) Zmina struktury polietylenovykh plivok pid chas

dovhotryvaloho starinnia. *Fizyka i khimiia tverdoho tila*, 21 (1), s. 157-166. DOI: 10.15330/pcss.21.1.157-166.

13. Preparation, microstructure and properties of polyethylene aluminum nanocomposite dielectrics / X. Huang, P. Jiang, C. Kim, Q. Ke, G. Wang (2008) *Composites Science and Technology*, 68 (9), p. 2134-2140. DOI: 10.1016/j.compscitech.2008.03.009.

14. Dasture, M. D., Kelkar, D. S. (2007) Aluminium-filled low-density polyethylene: Structural, morphological, and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 106 (4), p. 2436-2441. DOI: 10.1002/app.26847.

15. Domantsevych, N. I., Yatsyshyn, B. P. (2023) Starinnia polimernykh materialiv: faktory vplyvu, metody doslidzhen', modeliuvannia ta prohnozuvannia protsesiv : monohrafiia. Vydavnytstvo L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu, L'viv, 184 s. ISBN 978-617-602-328-9.

16. Pospíšil J., Nešpurek S. (2008) Polymer additives / Plastic Packaging. Eds. O. G. Piringer, A. L. Baner. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 631 p. P. 63-88. ISBN: 978-3-527-31455-3, available at: https://doi.org/10.1002/9783527_621422.ch3.

17. Aksiment'ieva, O. I., Domantsevych, N. I., Yatsyshyn, B. P. (2018) Dyfuzijni kharakterystyky tonkoplivkovykh polimernykh materialiv ta metody ikh vymiriuvannia : monohrafiia. Vydavnytstvo L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu, L'viv, 140 s. ISBN 978-617-602-229-9.

18. Domantsevych N., Aksimentyeva O., Yatsyshyn B. (2011) Structura and properties of the modified polyethylene films. *Current trends in commodity science. Packaging : Zeszyty naukowe*. Poznan : Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, 186, p. 67-75. ISSN 1689-7374; ISBN 978-83-7417-594-4.

19. Domantsevych, N. I., Yatsyshyn, B. P. (2003) Strukturo- ta defektoutvorennia pry dovhotryvalomu starinni inhibovanykh polimernykh plivok. *Fizyka i khimiia tverdoho tila*, 4 (2), s. 323-328.

20. Domantsevych N. (2005) Zmina struktury ta vlastyvoli amorfnykh polimernykh plivok z dodavanniam modyfikuiuchykh elementiv. *Visnyk L'vivs'koho universytetu. Serii fizychna.*, 38, s. 294-299.

*Стаття надійшла до редакції
23 грудня 2024 року*

УДК 664.3:665

Лозова Т. М.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID: E-9830-2019,
д.т.н., професор, професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

НАУКОВО-ТОВАРОЗНАВЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Анотація. У статті представлено результати науково-товарознавчих досліджень жирнокислотного складу жировмісної кондитерської продукції. Показано роль жиру і жировмісних харчових продуктів у харчуванні людини. Описано значення впливу окремих жирних кислот, зокрема поліненасичених, на стан здоров'я, функціонування окремих органів у людському організмі. З метою поліпшення й раціоналізації жирнокислотного складу кондитерських виробів рекомендовано вводити до їхнього складу інгредієнти з вмістом ненасичених та особливо поліненасичених жирних кислот. Виходячи з інформаційних наукових даних щодо жирнокислотного складу різних видів жиру і олій, різноманітних інгредієнтів тваринного і рослинного походження, науковці пропонують використання окремих серед них для поліпшення якості та біологічної цінності кондитерської продукції. З цією метою всебічно вивчено склад жирових інгредієнтів та їхніх композицій, що слугує основою для використання їх у кондитерських виробках. Жирнокислотний склад – один з основних показників якості, що визначає споживчу цінність, а отже, і ринкову вартість продукції. Якісний та кількісний контроль жирнокислотного складу олій можна проводити з використанням низки методів досліджень, при цьому найбільш точним і відтворюваним методом аналізу кількісного та якісного вмісту жирних кислот є газова хроматографія. Газова хроматографія – це сучасний фізико-хімічний метод аналізу. Дозволяє з високою селективністю розділяти й ідентифікувати леткі та напівлеткі, стійкі до підвищення температури (термостабільні) сполуки. Газовий хроматограф – важливий прилад для якісного та кількісного дослідження зразків різного складу. Метод розділення за допомогою газової хроматографії базується на адсорбції різних компонентів аналізованої суміші на межі розділу двох незмішуваних фаз. Причому одна фаза рухома – газ, інша нерухома – сорбційний матеріал. Розділення відбувається в процесі постійного перерозподілу речовини між рухомою й нерухомою фазами. Важливим етапом досліджень є вивчення та аналіз жирнокислотного складу різних видів кондитерської продукції, що містить цінні з біологічної точки зору жирові складові. Показано, що наявність пилку квіткового, сухого молока та олій волоського горіха сприяє збагаченню жирової фракції есенціальними жирними кислотами. Частка насичених жирних кислот зменшилася на 4,38 %, а частка поліненасичених – зросла на 12,5 %. Спостерігається суттєве збільшення часток жирних кислот ω -3 та ω -6 в 1,8 та 5,7 раза відповідно. Співвідношення ненасичених до насичених жирних кислот у модельному зразку підвищилося до 2,1 відносно контролю – 1,7. Встановлено оптимізацію співвідношення фракцій насичених та ненасичених жирних кислот.

Ключові слова: жирнокислотний склад, жировмісні кондитерські вироби, поліненасичені жирні кислоти, біологічна цінність, хроматограми.

Lozova T. M.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849, Researcher ID: E-9830-2019,
Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Commodity Science,
Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

SCIENTIFIC-COMMODITY RESEARCH OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CONFECTIONERY PRODUCTS

Abstract. The article presents the results of scientific and commodity studies of the fatty acid composition of fat-containing confectionery products. The role of fat and fat-containing food products in human nutrition is shown. The importance of certain fatty acids, in particular polyunsaturated, on the state of health and the functioning of certain organs in the human body is described. In order to improve and rationalize the fatty acid composition of confectionery products, it is recommended to add ingredients containing unsaturated and,

especially, polyunsaturated fatty acids to their composition. Based on informative scientific data on the fatty acid composition of various types of fat and oils, various ingredients of animal and vegetable origin, scientists suggest using some of them to improve the quality and biological value of confectionery products. For this purpose, the composition of fatty ingredients and their compositions, which serves as the basis for their use in confectionery products, was comprehensively studied. Fatty acid composition is one of the main indicators of quality, which determines the consumer value, and therefore the market value of products. Qualitative and quantitative control of the fatty acid composition of oils can be carried out using a number of research methods, while the most accurate and reproducible method of analyzing the quantitative and qualitative content of fatty acids is gas chromatography. Gas chromatography is a modern physico-chemical method of analysis. Allows for high selectivity to separate and identify volatile and semi-volatile, heat-resistant (thermostable) compounds. A gas chromatograph is an important device for qualitative and quantitative research of samples of various compositions. The separation method using gas chromatography is based on the adsorption of various components of the analyzed mixture at the interface of two immiscible phases. Moreover, one phase is mobile – gas, the other is stationary – sorption material. Separation occurs in the process of constant redistribution of matter between mobile and stationary phases. An important stage of research is the study and analysis of the fatty acid composition of various types of confectionery products, which contain biologically valuable fatty components. It has been shown that the presence of flower pollen, dry milk and walnut oil contributes to the enrichment of the fat fraction with essential fatty acids. The share of saturated fatty acids decreased by 4.38%, and the share of polyunsaturated fatty acids increased by 12.5%. There is a significant increase in the proportions of ω -3 and ω -6 fatty acids by 1.8 and 5.7 times, respectively. The ratio of unsaturated to saturated fatty acids in the model sample increased to 2.1 relative to the control – 1.7. Optimization of the ratio of fractions of saturated and unsaturated fatty acids was established.

Key words: fatty acid composition, fatty confectionery, polyunsaturated fatty acids, biological value, chromatograms.

JEL Classification: L81

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-03>

Постановка проблеми. Жировмісні та жирові продукти харчування традиційно відносять до базових, що формують раціон харчування більшості людей. З одного боку, вони є носіями джерел енергії ацилгліцеринів, а також фосфоліпідів, незамінних факторів харчування ліпідної природи – поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів А, Е, К. З іншого боку, перевищення рекомендованих норм споживання жирових компонентів їжі й порушення необхідного балансу між ними призводить до збільшення надлишкової маси тіла і до багатьох інших захворювань.

Нутриціологи радять обмежувати загальну кількість споживаних жирів (не більше 30 % калорій у добовому раціоні), особливо кількість насичених жирних кислот і холестерину.

Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує вживати не менше однієї столової ложки рослинної олії в день, щоб отримати норму корисних речовин. Присутні в олії вітамін Е і ненасичені жирні кислоти потрібні для профілактики атеросклерозу, інфаркту міокарда та інших серцево-судинних захворювань. До речі, дієтологи стверджують, що не варто вживати розрекламованої оливкової олії, оскільки в соняшниковій олії вітаміну Е міститься більше.

Отримані в промислових умовах нерафіновані олії являють собою суміші тригліцеридів жирних кислот, які містять супутні речовини й нежирові домішки. Присутність нежирових домішок у вигляді обривків рослинних тканин, вологи, отрутохімікатів та інших не властивих оліям речовин, а також продуктів перетворень тригліцеридів погіршує якість олій і знижує їхні харчові переваги.

Супутні речовини перебувають в олії у невеликих кількостях. Одні з них (фосфоліпіди, токоферолі, каротиноїди) істотно підвищують фізіологічну цінність олій, а інші (вільні жирні кислоти, продукти їхнього окислення, у тому числі перекисного) – знижують її якість.

Рослинними оліями називають продукти, що виділені з рослинної сировини і складаються в основному з тригліцеридів вищих жирних кислот. Природні олії – це складні суміші, що складаються з обмилюваної і необмилюваної фракцій. Обмилювана фракція – це ті компоненти, з яких із додаванням до них луку можна отримати мило. З хімічної точки зору це жирні кислоти, з'єднані з гліцерином. Саме від жирних кислот залежать зовнішній вигляд і властивості олій.

Відомо, що жирні кислоти поділяють на насичені і ненасичені. Олія, що містить переважно насичені жирні кислоти, буде твердою за кімнатної температури. Чим більше в олії ненасичених кислот, тим вона буде м'якшою. Якщо ж ненасичені кислоти переважають, то олія буде рідкою [1].

Особливі властивості має олеїнова кислота, яка належить до так званих мононенасичених жирних кислот. Крім цього, на увагу заслуговують ненасичені жирні кислоти, які не синтезуються в організмі людини, – незамінні жирні кислоти. Це лінолева, ліноленова і гамма-ліноленова кислота, а також їхні похідні. Олії, що містять лінолеву і гамма-ліноленову кислоту (їх ще називають омега-6 кислотами), рекомендують для сухої шкіри з порушеними бар'єрними властивостями. Олії, які включають ліноленову кислоту та її похідні (деякі похідні ліноленової кислоти мають складні назви, і для простоти їх називають омега-3 кислотами), мають протизапальні властивості, і їх рекомендують для людей, що страждають на шкірні захворювання. Неомилювана фракція, як випливає з її назви, при з'єднанні з лугом мила не утворює. До її складу зазвичай входять каротиноїди, вітамін Е, фітостерини й інші біологічно активні речовини. Іноді в косметичці застосовують тільки необмилювану фракцію олії: найбільш популярна необмилювана фракція оливкової олії.

Таким чином, жирнокислотний склад визначає властивості жировмісних продуктів, їхню біологічну цінність та впливає на стан здоров'я людини. Зазначена проблема збагачення харчових продуктів поліненасиченими жирними кислотами та пошук можливостей поліпшення жирнокислотного складу науковцями вважається дуже актуальною та важливою, що й обґрунтувало потребу виконання саме цих наукових товарознавчих досліджень для вирішення поставлених завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер майже все населення споживає значну кількість їжі, переповненої жирами, як корисними, так і шкідливими. Науковці вважають, що не потрібно зловживати штучними трансжирами і тваринного походження жирами. Більш корисними є ті жири, які містять незамінні жирні кислоти (омега-3, омега-6 та омега-9) [2]. До важливих жирних кислот належать лінолева, гамма-ліноленова, дигомма-ліноленова, арахідонова та інші жирні кислоти з чотирма і більше подвійними зв'язками. Такі кислоти

називають есенціальними жирними кислотами, або вітаміном F. Добова потреба людини в незамінних жирних кислотах становить 10 г на добу в перерахунку на лінолеву кислоту. Відсутність незамінних жирних кислот у раціоні харчування пригнічує ріст організму, негативно впливає на стан здоров'я, а також на коагуючі властивості крові та артеріальний тиск. Це пояснює особливе зростання уваги науковців до досліджень щодо застосування поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), насамперед омега-3 ПНЖК, у різних галузях медицини та у виготовленні харчових продуктів [3].

Найкращим джерелом омега-3 ПНЖК є риб'ячий жир. Щодо продуктів рослинного походження, то насіння льону має високий вміст омега-3 ПНЖК [4]. Актуальним є пошук нових джерел отримання жирних кислот рослинного походження. Вченими вивчено жирнокислотний склад листя петрушки кучерявої, кореневої та листової. Аналіз жирнокислотного складу в цих дослідженнях здійснювали методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот на газовому хроматографі «Селміхром-1» з полум'яно-іонізаційним детектором. У результаті були отримані відповідні хроматографи. Ідентифікацію метилових ефірів жирних кислот здійснювали за часом утримання піків у порівнянні зі стандартною сумішшю. Розрахунок складу метилових ефірів проводили методом внутрішньої нормалізації за загальноприйнятою методикою. В якості стандартів використовували зразки насичених та ненасичених метилових ефірів жирних кислот фірми «Sigma». У результаті аналізу було визначено, що в листі петрушки кучерявої міститься 15 жирних кислот, із яких 6 є насиченими, 6 ненасиченими та 3 жирні кислоти не ідентифіковані; у листі петрушки кореневої міститься 14 жирних кислот, із яких 7 насичені, 5 ненасичені та 2 жирні кислоти не ідентифіковані; в листі петрушки листової визначено 16 жирних кислот, із них 7 насичені, 5 ненасичені та 4 жирні кислоти неідентифіковані. Дослідниками зазначено, що в усіх вивчених зразках кількість ненасичених жирних кислот значно переважала вміст насичених жирних кислот. У найбільшій кількості в листі петрушки кучерявої, кореневої та листової міститься лінолева (октадекадієнова) кислота (34,62, 24,63 та 27,90 відповідно).

Останнім часом велику увагу вчені приділяють дослідженню ліпофільних комплексів лікарських рослин, складовою частиною яких є жирні

кислоти, що відіграють важливу роль у життєдіяльності організму людини [5-15].

Вивчено ліпофільні фракції листків стевії медоносної, кореневих бульб і листків якона, трави котячих лапок дводомних та визначено вміст жирних кислот у їх складі. Якісний склад та кількісний вміст жирних кислот у досліджуваній лікарській рослинній сировині визначали методом газорідинної хромато-мас-спектрометрії метилових естерів жирних кислот на газовій хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973inert (Agilent Technologies, США). Встановлено, що: у ліпофільних екстрактах листків якона та трави котячих лапок дводомних виявлено по 9 жирних кислот, 2 з яких є поліненасиченими – ліолева і ліоленова; в ліпофільному екстракті листків стевії медоносної – 8 жирних кислот, із яких в найбільшій кількості представлена ліоленова кислота. У ліпофільних екстрактах листків стевії медоносної та трави котячих лапок дводомних міститься насичена пальмітинова кислота. Вміст ненасичених жирних кислот у досліджуваних ліпофільних екстрактах переважав над вмістом насичених. У ліпофільному екстракті кореневих бульб якона ідентифіковано лише ліолеву і ліоленову кислоти [16].

Останнім часом велику увагу приділяють саме ненасиченим жирним кислотам, оскільки результати клінічних досліджень свідчать, що вміст великої кількості їх у раціоні харчування може бути запобіжним фактором у розвитку серцево-судинних захворювань [17]. Ненасичені жирні кислоти зменшують утворення медіаторів запалення, поліпшують живлення тканин, запобігають розвитку атеросклерозу, мають кардіопротекторну та антиаритмічну дію. Останні дослідження вчених свідчать, що підвищення вмісту поліненасичених жирних кислот у раціоні сприяє зменшенню випадків вікової втрати слуху.

Таким чином, наведені літературні дані підтверджують важливість досліджень жирнокислотного складу різних інгредієнтів та вказують на доцільність застосування найбільш цінних із них у жировмісних харчових продуктах, яких більшість. Однак у джерелах наукової літератури саме такої інформації є недостатньо, що й спонукає здійснювати подальші дослідження жирнокислотного складу продукції.

Постановка завдання. Метою статті є представлення результатів товарознавчого дослідження жирнокислотного складу кондитерських

виробів із поліпшеною жировою фракцією для встановлення й доведення переваг такої продукції до споживання людиною.

Виклад основного матеріалу дослідження. Жирнокислотний склад виробів досліджували методом газової хроматографії на газовому хроматографі HP 6890 (рис. 1) у лабораторії біохімії ліпідів і групи хроматографії Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України.

Методом газової хроматографії досліджено якісний склад та кількісний вміст жирних кислот.

Дослідження були проведені згідно з методиками, описаними у відповідних ДСТУ: визначення жирнокислотного спектру – ДСТУ ISO 5508-2001. Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот»; прободготовка – ДСТУ ISO 5509-2002. Жири тваринні і рослинні та олії. Приготування метилових ефірів жирних кислот».



Рис. 1. Газовий хроматограф HP 6890 (Великобританія)

Сутність методу полягає у вимірюванні етилових ефірів жирних кислот, у розрахунку масових частин і подальшому порівнянні отриманих результатів із нормативними.

В якості об'єктів дослідження нами використовувалися кондитерські вироби, зокрема вафлі з жировими начинками. Вміст у складі кондитерських виробів нових інгредієнтів на натуральній основі сприяє помітному підвищенню біологічної цінності, зокрема оптимізації жирнокислотного складу. Модельний зразок виробу містить у вигляді поліпшувачів (кг / т) наступне: молоко сухе (106,79), пилок квітковий (20,99), олія волоського горіха (19,13). Дослідження жирнокислотного складу засвідчило його переваги у модельному зразку продукції порівняно з контрольним зразком.

Як прийнято, ідентифікацію метилових ефірів жирних кислот здійснювали за часом утримання піків у порівнянні зі стандартною сумішшю. Розрахунок складу метилових ефірів проводили методом внутрішньої нормалізації за загальноприйнятою методикою.

Результати встановлення якісного складу та кількісного вмісту жирних кислот у зразках виробів (контрольному та дослідному) наведено в табл. 1. Хроматограми представлено на рис. 2.

Начинка модельного зразка вафель включає жир кондитерський для вафельних начинок серії

«Віолія» з пониженим вмістом лауринової кислоти. Відповідно до одержаних даних у модельному зразку, на відміну від контролю, відсутні каприлова, капринова та ундецилова жирні кислоти з ряду насичених. Вміст лауринової кислоти знижено в 11,7 раза, що позитивно позначилось на жирнокислотному складі модельного зразка виробу. Замінами у рецептурному складі начинки досягнуто зменшення кількості насичених жирних кислот пальмітинової, маргаринової та інших. Серед мононенасичених жирних кислот у модельному зразку ідентифіковано

Таблиця 1

Результати визначення жирнокислотного складу виробів $p \leq 0,05$; $n = 3$

Жирні кислоти та їх скорочене хімічне позначення	Контрольний зразок		Модельний зразок	
	кількість, мг/100 г	вміст жирних кислот, % до суми	кількість, мг/100 г	вміст жирних кислот, % до суми
<i>Насичені:</i>				
Каприлова (C _{8:0})	14,86	0,05	—	—
Капринова (C _{10:0})	17,83	0,06	—	—
Ундецилова (C _{11:0})	2,97	0,01	—	—
Лауринова (C _{12:0})	261,55	0,88	22,45	0,08
Тридеканова (C _{13:0})	—	—	25,26	0,09
Міристинова (C _{14:0})	264,52	0,89	143,12	0,51
Пентадеканова (C _{15:0})	5,94	0,02	11,23	0,04
Пальмітинова (C _{16:0})	7584,81	25,52	6375,94	22,72
Маргаринова (C _{17:0})	32,69	0,11	14,03	0,05
Стеаринова (C _{18:0})	1863,51	6,27	2169,28	7,73
Арахінова (C _{20:0})	671,70	2,26	92,61	0,33
Генеікозанова (C _{21:0})	106,99	0,36	—	—
Бегенова (C _{22:0})	53,50	0,18	246,96	0,88
Лігноцерінова (C _{24:0})	59,44	0,20	—	—
<i>Мононенасичені:</i>				
Лауроолейнова (C _{12:1})	—	—	19,64	0,07
Пальмітоолейнова (C _{16:1})	74,30	0,25	196,44	0,70
Гептадеценева (C _{17:1})	17,83	0,06	5,61	0,02
Олеїнова (C _{18:1})	12818,68	43,13	10692,05	38,10
Гондова (C _{20:1})	1016,46	3,42	70,16	0,25
Ерукова (C _{22:1})	136,72	0,46	16,84	0,06
<i>Поліненасичені:</i>				
Лінолева (C _{18:2})	4559,20	15,62	7697,71	27,72
Ліноленова (C _{18:3})	20,81	0,07	112,25	0,40
Ейкозатрієнова (C _{20:3})	41,61	0,14	—	—
Арахідонова (C _{20:4})	83,22	0,28	81,38	0,29
Докозадієнова (C _{22:2})	11,89	0,04	—	—
Докозапентаєнова (C _{22:5})	—	—	70,16	0,25
Загальна кількість жирних кислот	29721,03	100,00	28063,12	100,00
Вміст насичених жирних кислот	10940,31	36,81	9100,88	32,43
Вміст ненасичених жирних кислот	18780,72	63,19	18962,24	67,57
Співвідношення ненасичених до насичених жирних кислот	1,7		2,1	

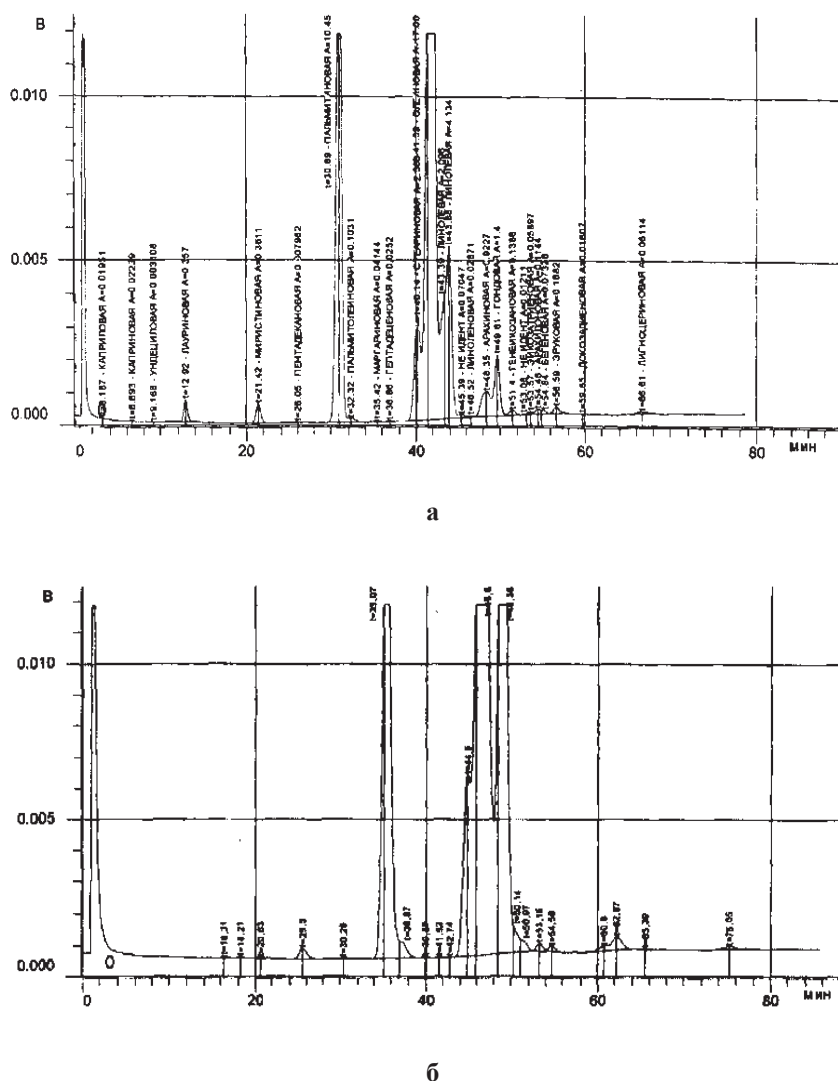


Рис. 2. Хроматограми гексанового екстракту жиру контрольного (а) та модельного (б) зразків виробів (експериментальні дані отримані автором)

помітно більшу кількість пальмітолеїнової кислоти. Крім того, цей зразок збагатився лауролеїновою кислотою. Включення нових інгредієнтів до модельного зразка продукції призвело до значного підвищення вмісту цінних у біологічному відношенні лінолевої кислоти ($C_{18:2}$) родини ω -6 в 1,8 раза, а також ліноленової ($C_{18:3}$) родини ω -3 – у 5,7 раза у порівнянні з контрольним зразком. Також відбулося збагачення докозакіснотом жирною кислотою. Аналіз результатів дослідження показав більш сприятливе співвідношення між окремими фракціями жирних кислот у дослідному модельному зразку виробу у порівнянні з контролем.

Частка насичених жирних кислот зменшилася від 36,81 (контрольний зразок) до 32,43 % (модельний зразок). Відповідно, частка поліненасичених жирних кислот зросла від 15,87 до

28,37 %. Спостерігається суттєве збільшення часток жирних кислот ω -3 та ω -6 в 1,8 та 5,7 рази відповідно. Як відомо, ці жирні кислоти, крім енергетичної, виконують пластичну та регуляторну функції. Співвідношення ненасичених до насичених жирних кислот у контролі становить 1,7, а у модельному зразку виробу підвищилося до 2,1. Згідно з рекомендаціями Європейського бюро ВООЗ відношення НЖК, МНЖК і ПНЖК повинно дорівнювати 1 : 1 : 1. Контроль характеризувався співвідношенням 1,1 : 1,4 : 0,5, а модельний зразок – більш наближеним до оптимального – 1 : 1,1 : 0,9.

Таким чином, результатами досліджень доведено можливість оптимізації жирнокислотного складу за рахунок додавання нових інгредієнтів у виробах, зокрема пилку квіткового та олії волоського горіха. Це посприяло збагаченню

поліненасиченими жирними кислотами, особливо родини ω -3 і ω -6, регулюванню співвідношенням окремих фракцій та максимальним доведенням їх до рекомендованих наукових норм.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Отже, дослідження якісного складу та кількісного вмісту жирних кислот у жировій фракції кондитерського виробу довело суттєве поліпшення його біологічної цінності та споживних властивостей. Комбінування нетрадиційних інгредієнтів у складі модельного зразка виробу сприяє більш оптимальному вмісту жирних кислот.

Встановлено більш сприятливе співвідношення між окремими фракціями жирних кислот у модельному зразку кондитерського виробу на прикладі вафель у порівнянні з контролем.

Частка насичених жирних кислот зменшилася на 4,38 %, а частка поліненасичених – зросла на 12,5 %. Спостерігається суттєве збільшення часток жирних кислот ω -3 та ω -6 в 1,8 та 5,7 рази відповідно. Співвідношення ненасичених до насичених жирних кислот у модельному зразку підвищилося до 2,1 відносно контролю – 1,7. Відношення НЖК, МНЖК і ПНЖК у модельному зразку наближене до рекомендованого Європейським бюро ВООЗ порівняно з контролем.

Враховуючи отримані дані, можна зробити висновок, що доцільно розвивати науковий напрям щодо пошуку нових збагачувачів, які сприяють підвищенню біологічної цінності кондитерської продукції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Класифікація ліпідів. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/harch_himia_lekcii/370.html.
2. Зотікова О. А., Кисличенко В. С., Вельма В. В. Визначення жирнокислотного складу листя петрушки кучерявої, кореневої та листкової. *Український журнал клінічної та лабораторної медицини*. 2011. Т. 6, № 4. С. 196-199.
3. Жирні кислоти Омега-3 і Омега-6 – для чого вони потрібні та де їх брати. *Група компаній «Молочний Альянс»*. Блог. 11.07.2017. URL: <https://milkalliance.com.ua/blog/ua/stattya/zhyrni-kysloty-omega-3-dlia-choho-vony-potribni-ta-de-ikh-braty>.
4. Тернинко І. І., Кисличенко В. С. Вивчення жирнокислотного складу рослин з родини Аріасеае. *Український медичний альманах*. 2010. Т. 19, № 5. С. 194-196.
5. Челін Н. В., Марчишин С. М. Жирнокислотний склад любистку лікарського (*Levisticum officinale* Koch.). *Укр. журн. клініч. та лаб. медицини*. 2011. № 1. С. 33-36.

6. Луканюк М. І., Марчишин С. М. Жирнокислотний склад листків деяких видів рослин родини Липові. *Укр. біофармац. журн*. 2012. № 1-2 (18-19). С. 62-66.

7. Marchyshyn S., Hudz N., Dakhym I. [et al]. Analysis of phenolic compounds from *Polymnia sonchifolia* Poepp. et Endl. leaves by HPLC-method. *The Pharma Innovation Journal*. 2017. №. 6 (7). Pp. 980-983.

8. Marchyshyn S., Basaraba R., Berdey T. Investigation of phenolic compounds of *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. Herb. *The Pharma Innovation Journal*. 2017. No. 6 (8). Pp. 9-11.

9. Patrick J. Smith, James A. Blumenthal, Michael A. Babyak, Anastasia Georgiades [et al]. Association between n-3 fatty acid consumption and ventricular ectopy after myocardial infarction. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2009. Vol. 89, № 1. Pp. 1315-1320.

10. Calder P. C. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2006. Vol. 83. Pp. 1505-1519.

11. Bimini Gopinath, Victoria M. Flood, Elena Rochtchina, Catherine M. McMahon, Paul Mitchell. Consumption of omega-3 fatty acids and fish and risk of age-related hearing loss. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2010. Vol. 92, № 2. Pp. 416-421.

12. Mostofsky D. I., Yehuda S. Handbook of Essential Fatty Acid Biology Biochemistry, Physiology, and Behavioral Neurobiology. *Humana Press. 1st ed.* 1997. 480 p.

13. Siri-Tarino P. W., Sun Q., Hu F. B., Krauss R. M. Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *The American Journal on Clinical Nutrition*. 2010. № 91. Pp. 502-509.

14. Михалюк О. Б. Дослідження ліпофільної фракції листків і плодів лимонника китайського. *Укр. біофармац. журн*. 2013. № 5. С. 45-49.

15. Marchyshyn S. M., Milian I. I. The content of fatty acids in lipophilic extracts of *Veronica chamaedrys* L. and *Veronica officinalis* L. *Journal of Education, Health and Sport*. 2016. 6, No. 3. P. 91-96.

16. Марчишин С. М., Гудзь Н. А., Басараба Р. Ю., Ярошенко Т. Я. Дослідження жирнокислотного складу деяких рослин родини айстрові (ASTERACEAE). *Медична та клінічна хімія*. 2018. Т. 20. № 1. С. 43-50.

17. Зінченко І. Г., Кисличенко В. С. Вивчення жирнокислотного складу трави, листя та коренів тифону. *Фармацевтичний журнал*. 2011. № 2. С. 79-82.

REFERENCES:

1. Klyasyfikatsiia lipidiv, available at: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/harch_himia_lekcii/370.html.
2. Zotikova, O. A., Kyslychenko, V. S., Vel'ma, V. V. (2011) Vyznachennia zhyrnokyslotnoho skladu

lystia petrushky kucheriavoi, korenevoi ta lystkovoi. *Ukrains'kyj zhurnal klinichnoi ta laboratornoi medytsyny*, T. 6, № 4, s. 196-199.

3. Zhyrni kysloty Omeha-3 i Omeha-6 – dlia choho vony potrebnii ta de ikh braty. *Hrupa kompanij «Molochnyj Al'ians»*. Bloh. 11.07.2017, available at: <https://milkalliance.com.ua/blog/ua/stattya/zhyrni-kysloty-omeha-dlia-choho-vony-potrebnii-ta-de-ikh-braty>.

4. Ternynko, I. I., Kyslychenko, V. S. (2010) Vyvchennia zhyrnokyslotnoho skladu roslyn z rodyny Apiaceae. *Ukrains'kyj medychnyj al'manakh*, T. 19, № 5, s. 194-196.

5. Chelin, N. V., Marchyshyn, S. M. (2011) Zhyrnokyslotnyj sklad liubystku likars'koho (Levisticum officinale Koch.). *Ukr. zhurn. klinich. ta lab. medytsyny*, № 1, s. 33-36.

6. Lukaniuk, M. I., Marchyshyn, S. M. (2012) Zhyrnokyslotnyj sklad lystkiv deiakykh vydiv roslyn rodyny Lypovi. *Ukr. biofarmats. zhurn.*, № 1-2 (18-19), s. 62-66.

7. Marchyshyn S., Hudz N., Dakhym I. [et al]. (2017) Analysis of phenolic compounds from Polymnia sonchifolia Poepp. et Endl. leaves by HPLC-method. *The Pharma Innovation Journal*, №. 6 (7), rr. 980-983.

8. Marchyshyn S., Basaraba R., Berdey T. (2017) Investigation of phenolic compounds of Antennaria dioica (L.) Gaertn. Herb. *The Pharma Innovation Journal*, No. 6 (8), rr. 9-11.

9. Patrick J. Smith, James A. Blumenthal, Michael A. Babyak, Anastasia Georgiades [et al]. (2009) Association between n-3 fatty acid consumption and ventricular ectopy after myocardial infarction. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 89, № 1, pr. 1315-1320.

10. Calder, P. C. (2006) N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 83, pr. 1505-1519.

11. Bamini Gopinath, Victoria M. Flood, Elena Rochtchina, Catherine M. McMahon, Paul Mitchell. (2010) Consumption of omega-3 fatty acids and fish and risk of age-related hearing loss. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 92, № 2, pr. 416-421.

12. Mostofsky, D. I., Yehuda S. (1997) Handbook of Essential Fatty Acid Biology Biochemistry, Physiology, and Behavioral Neurobiology. *Humana Press. 1st ed.* 480 p.

13. Siri-Tarino, P. W., Sun Q., Hu, F. B., Krauss, R. M. (2010) Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *The American Journal on Clinical Nutrition*, № 91, pr. 502-509.

14. Mykhaliuk, O. B. (2013) Doslidzhennia lipofil'noi fraktsii lystkiv i plodiv lymonnyka kytajs'koho. *Ukr. biofarmats. zhurn.*, № 5, s. 45-49.

15. Marchyshyn, S. M., Milian, I. I. (2016) The content of fatty acids in lipophilic extracts of Veronica chamaedrys L. and Veronica officinalis L. *Journal of Education, Health and Sport*, 6, No. 3, p. 91-96.

16. Marchyshyn, S. M., Hudz', N. A., Basaraba, R. Yu., Yaroshenko, T. Ya. (2018) Doslidzhennia zhyrnokyslotnoho skladu deiakykh roslyn rodyny ajstrovi (ASTERACEAE). *Medychna ta klinichna khimiia*, T. 20. № 1, s. 43-50.

17. Zinchenko, I. H., Kyslychenko, V. S. (2011) Vyvchennia zhyrnokyslotnoho skladu travy, lystia ta koreniv tyfonu. *Farmatsevtichnyj zhurnal*, № 2, s. 79-82.

*Стаття надійшла до редакції
08 січня 2025 року*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 331.45 : 664 „364”

Хінальська Т. Р.,

*tanja.sadnicka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6969-3410, Researcher ID: G-2394-2019,
старший викладач кафедри харчових технологій,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

Заверуха О. М.,

*zaverukha-oleg@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5896-892, Researcher ID: G-2380-2019,
к.х.н., доцент кафедри харчових технологій,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

Фреюк Д. В.,

*frejukdima@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7076-3431, Researcher ID: I-3964-2017,
старший викладач Циклу безпеки життєдіяльності і цивільного захисту,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів*

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ В ГАЛУЗІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВОЄННИЙ ЧАС

Анотація. Проблема безпеки працівників завжди присутня у професійній діяльності людини в будь-якій галузі економіки. Покращення безпеки праці на підприємствах харчової промисловості є важливим аспектом забезпечення належних умов для працівників і ефективної роботи підприємства, особливо в умовах нестабільності або воєнних дій. Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності та охорони праці в харчовій промисловості у воєнний час мають свою специфіку, оскільки в умовах бойових дій галузь стикається з численними викликами, пов'язаними з безпекою працівників, забезпеченням нормальних умов для виробництва і розподілу харчових продуктів. У цей період виробничі процеси піддаються значному впливу зовнішніх факторів, таких як руйнування інфраструктури, нестабільність постачань, зміни в організації праці, а також фізична й психологічна втома працівників, що можуть стати серйозними ризиками для безпеки на підприємствах. Основними проблемами, з якими стикаються підприємства харчової промисловості, в умовах воєнного часу є забезпечення належних умов праці, ефективне управління безпекою працівників та забезпечення безперервності виробництва у важких умовах. Це передбачає не лише гарантування фізичної безпеки, але й врахування специфіки робочих умов, необхідність адаптації технологічних процесів до обмежених ресурсів, а також дотримання санітарно-гігієнічних норм. Однією з головних проблем є ризики для здоров'я працівників, зокрема можливість травм, отруєнь та захворювань через відсутність належних засобів захисту та неякісні умови праці. Важливими також є організація екстрених заходів для реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути внаслідок бойових дій, а також забезпечення психологічної підтримки для працівників, що перебувають у стресових умовах. Вирішення проблем безпеки та охорони праці вимагає комплексного підходу, що включає розробку нових норм і стандартів у сфері охорони праці, вдосконалення технологічних процесів, удосконалення системи навчання і підготовки кадрів, а також активну співпрацю з державними органами та міжнародними організаціями для гарантування безпеки харчових підприємств у воєнний час. Зроблено висновок, що проведення інструктажів на робочих місцях, щоденний контроль керівниками структурних підрозділів, відповідальними особами технічних служб, службою охорони праці за безпечним виконанням технологічних операцій, виконання інструкцій із охорони праці, застосування засобів індивідуального захисту дають позитивні результати для гарантування безпеки виробництва.

Ключові слова: безпека, травматизм, безпека праці в харчовій промисловості.

Khinalska T. R.,

*tanja.sadnicka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6969-3410, Researcher ID: G-2394-2019,
Senior Lecturer at the Department of Food Technologies, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

Zaverukha O. M.,

*zaverukha-oleg@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5896-892, Researcher ID: G-2380-2019,
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Food Technologies,
Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

Freiuk D. V.,

*frejukdima@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7076-3431, Researcher ID: I-3964-2017,
Senior Lecturer at the Cycle of Life Safety and Civil Security
at Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv*

CURRENT PROBLEMS OF SAFETY AND LABOR PROTECTION IN THE FOOD INDUSTRY DURING WARTIME

Abstract. *The problem of worker safety is always present in a person's professional activity in any branch of the economy. Improving labor safety in food processing enterprises is an important aspect of ensuring proper conditions for workers and the efficient operation of the enterprise, especially in conditions of instability or military operations. The current problems of life safety and labor protection in the food industry in wartime have their own specifics, since in conditions of hostilities the industry faces numerous challenges related to worker safety, ensuring normal conditions for the production and distribution of food products. During this period, production processes are significantly influenced by external factors, such as the destruction of infrastructure, instability of supplies, changes in labor organization, as well as physical and psychological fatigue of workers, which can become serious risks for safety at enterprises. The main problems faced by food industry enterprises in wartime are ensuring proper working conditions, effective management of worker safety and ensuring continuity of production in difficult conditions. This involves not only ensuring physical safety, but also taking into account the specifics of working conditions, the need to adapt technological processes to limited resources, as well as compliance with sanitary and hygienic standards. One of the main problems is the risks to workers' health, including the possibility of injuries, poisoning and diseases due to the lack of proper protective equipment and poor working conditions. It is also important to organize emergency measures to respond to emergencies that may arise as a result of hostilities, as well as to provide psychological support for workers in stressful conditions. Solving labor safety and health problems requires a comprehensive approach, including the development of new norms and standards in the field of labor safety, improving technological processes, improving the education and training system, as well as active cooperation with state bodies and international organizations to guarantee the safety of food enterprises in wartime. It was concluded that conducting briefings at workplaces, daily monitoring by heads of structural units, responsible persons of technical services, the labor safety service for the safe performance of technological operations, implementation of labor safety instructions, and the use of personal protective equipment give positive results for guaranteeing safety in production facilities.*

Key words: safety, injuries, labor safety in the food industry.

JEL Classification: J28

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-04>

Постановка проблеми. В умовах військової агресії російської федерації проти нашої країни роботодавці та працівники продовжують свою діяльність на трудовому фронті. До всіх наявних небезпек окупант додав нові – бойові дії та наслідки від них. У воєнний час питання безпеки та охорони праці набувають особливої важливості, оскільки загрози для людей, їхнього здоров'я та життя значно зростають. Актуальні

проблеми в галузі харчової промисловості включають не тільки техногенні та природні небезпеки, але й наслідки війни, які вимагають нових підходів до гарантування безпеки.

Харчова промисловість відіграє роль сполучної ланки між сільським господарством і споживачами. Технічні процеси у виробництві харчових продуктів пов'язані з великими виділеннями тепла і вологи, нерідко супроводжуються зна-

чним рівнем шуму і вібрації, що досить часто призводить до порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, машин, механізмів. Деякі операції спричиняють потрапляння у повітря виробничих приміщень пилу, парів і газів, які шкідливо діють на організм людини. При виробництві харчових продуктів використання легкозаймистих і горючих рідин, матеріалів, значно підвищує ризик виникнення пожежі та вибуху. Багато підприємств харчової промисловості оснащені високо механізованим і автоматизованим обладнанням із можливостями програмного керування, що підвищує потенційний ризик отримання травми. На харчових підприємствах висока частка ручної праці, в тому числі важкої фізичної, що збільшує ймовірність виникнення небезпеки чи травматизму. Постійне повторення одних і тих самих операцій може призвести до ментальної втоми, що збільшує ймовірність виникнення помилок, які призводять до травм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням охорони праці в харчовій промисловості займалися численні науковці, які досліджували різні аспекти безпеки на виробництві, зокрема на харчових підприємствах, такі як Євтушенко О. В., Бринь Л. В., Челябієва В. М., Романенко Н. В., Лопатін А. І. Незважаючи на те, що розробці та впровадженню заходів щодо збереження життя і здоров'я, спрямованих на запобігання травматизму у харчовій промисловості, приділяється велика увага з боку науковців, слід зазначити, що цю проблему ще не в достатній мірі досліджено.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз сучасних проблем безпеки та охорони праці в харчовій промисловості під час воєнних дій, а також дослідження впливу військового конфлікту на умови праці та охорону здоров'я працівників та пропозиції щодо вдосконалення системи охорони праці на підприємствах харчової промисловості в умовах воєнного та післявоєнного часу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Покращення безпеки праці на підприємствах харчової промисловості є важливим аспектом забезпечення належних умов для працівників і ефективної роботи підприємства, особливо в умовах нестабільності або воєнних дій. Безпека виробничих процесів гарантується передусім політикою підприємства, спрямованою на застосування технічно справного обладнання та устаткування, а також через допуск до роботи працівників, які пройшли навчання, інструктажі з питань охорони праці.

Профілактика та управління безпекою та охороною праці є важливим напрямом діяльності в галузі безпеки та охорони праці, адже саме ці заходи дозволяють зменшити ризики для здоров'я та життя людей, а також зберегти майно та екологічну ситуацію.

У воєнний час питання безпеки та охорони праці набувають особливої важливості, оскільки загрози для людей, їхнього здоров'я та життя значно зростають. Основні причини травматизму у галузі харчової промисловості можуть бути пов'язані з різними факторами, серед яких технічні, організаційні та людські чинники. Аналіз актів за результатами розслідування нещасних випадків виробничого характеру показує, що травмування найчастіше відбувається через наступні події: необережне поводження з предметами та деталями, що рухаються, обертаються; події на транспорті; падіння потерпілого [4]. На сьогоднішній день до найбільш поширених проблем у харчовій промисловості в умовах воєнного стану, що призводять до небезпеки, відносять наступні:

- порушення технологічних процесів і безпеки на виробництві,
- психологічний стрес і травматизм серед працівників,
- загроза техногенних аварій на підприємствах харчової промисловості,
- мінна небезпека та наявність боєприпасів на території підприємств,
- відсутність або неналежне медичне забезпечення,
- недостатній контроль за дотриманням стандартів безпеки,
- природні та екологічні загрози,
- мобілізація та кадрові проблеми.

Інфраструктура, підприємства та робочі місця часто стають мішенями для ворожих атак, що призводить до погіршення умов праці через бойові дії [1]. Вибухи та артилерійські обстріли можуть спричинити значну кількість жертв серед мирного населення, яке працює в зонах бойових дій або вимушено працює в небезпечних умовах. Відсутність стабільного постачання електрики або палива ставить під загрозу нормальне функціонування харчової промисловості. Це може призвести до порушень технологічних процесів, зниження якості продуктів та навіть до аварій. Найбільше нещасних випадків [2] у харчовій галузі фіксують серед робітників, що обслуговують устаткування з виробництва харчових та подібних продуктів – це апаратники, машиністи,

а також серед водіїв та робітників із обслуговування пересувної техніки та установок та серед робітників найпростіших професій – вантажників.

Психологічний тиск, перевантаження, стрес, вигорання – це питання, які набувають все більшої важливості в умовах сучасного робочого середовища, де зростає інтенсивність праці, а стрес на робочому місці часто залишається непоміченим. Війна створює величезне психологічне навантаження на людей. На думку керівників, 76% головним викликом вважають погіршення психологічного стану працівників у всіх галузях. Також близько третини опитаних управлінців зазначили, що через війну стикнулися з відтоком або нестачею персоналу [7]. Стрес, тривога, посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) у працівників впливають на їхню працездатність і безпеку. Працівники харчової промисловості, як і всі інші, перебувають у стані тривоги, можуть переживати сильний психологічний стрес через постійну загрозу для свого життя, відсутність гарантій безпеки, втрату родичів або друзів, що здатне призводити до зниження ефективності роботи, травм або аварій. Через бойові дії і збройний конфлікт люди перебувають у постійному стані напруги, що збільшує ризик помилок на робочих місцях та травматизму. Через скорочення кількості робочої сили або необхідність працювати в екстремальних умовах (наприклад, вночі чи у змішаних змінах, часті повітряні тривоги) може виникнути перевантаження працівників. Це здатне призвести до фізичних або психічних проблем, таких як хронічна втома, стрес, травми через неуважність, порушення режиму сну. Війна та викликаний стрес для людини загалом мають серйозні наслідки: «1. Травмувальні – в результаті переживання екстремальних ситуацій, що супроводжують бойові дії. 2. Соціально-стресові – фонові переживання особистості призводять до накопичення напруження, тривожних станів, не дозволяють людині розслабитися, виснажують, провокують психічні розлади. 3. Внутрішні конфліктні процеси, які актуалізуються під впливом війни та утворюють «внутрішню складність» життєвого світу особистості» [3, с. 175].

Впровадження інноваційних технологій, таких як автоматизація, робототехніка, штучний інтелект, викликає нові виклики в гарантуванні безпеки праці. Наприклад, зростає ризик техногенних катастроф через використання складних автоматизованих систем, зокрема у важких промислових галузях. Досить часто виникають труднощі з поставками запчастин або сервісним

обслуговуванням, обмежений доступ фахівців для технічного обслуговування обладнання, що підвищує ризик несправностей обладнання та техногенних аварій на підприємствах харчової промисловості. Під час бойових дій об'єкти харчової промисловості можуть стати об'єктами обстрілів або інших атак, що призводить до пошкодження виробничих ліній, складів, холодильних установок, транспортних засобів та інших критичних компонентів. У воєнний час збільшується ймовірність застосування хімічної, біологічної або радіаційної зброї, що може призвести до пошкодження об'єктів, де зберігаються вибухонебезпечні матеріали, а також до катастрофічних наслідків. Часто після закінчення бойових дій на територіях залишається багато нерозірваних боеприпасів, що значно збільшує ризик для працівників, якщо територія підприємства знаходиться в небезпечній зоні. Через руйнування важливих інфраструктурних об'єктів, таких як дороги, мости, електростанції, водопостачання, створюються додаткові труднощі для гарантування безпеки життєдіяльності, адже немає належних умов для роботи або порушуються умови для нормального функціонування підприємств.

Однією з проблем в умовах воєнного стану можуть бути проблеми з доступом до медичних послуг, що підвищує ризик у разі травм або захворювань працівників. Лікарні та медичні установи можуть бути переповнені або зруйновані, що ускладнює надання першої допомоги та лікування.

У зв'язку з воєнними діями нормативно-правова база повинна бути адаптована до реальних умов бойових дій і наявних загроз, що не завжди відбувається оперативно. У наш час ускладнено проведення перевірок дотримання санітарно-гігієнічних норм на підприємствах харчової промисловості, що підвищує ризик виробництва неякісної продукції та поширення інфекційних захворювань. У зв'язку з відсутністю належної інфраструктури і складними умовами роботи може знизитися рівень контролю за дотриманням технологічних і санітарно-гігієнічних стандартів на виробництві. Це підвищує ризик несанкціонованого використання небезпечних для здоров'я компонентів або порушення процесу зберігання продуктів. В умовах дефіциту ресурсів і значних логістичних труднощів деколи відбувається порушення санітарних вимог при обробці, зберіганні та транспортуванні харчових продуктів, що загрожує виникненням спалахів харчових отруєнь і інших захворювань.

У разі постійних бойових дій можуть виникнути труднощі з постачанням засобів індивідуального захисту для працівників (рукавичок, масок, костюмів), що збільшує ризик забруднення продукції або інфікування працівників. За складної економічної ситуації інколи виділяється недостатнє фінансування на впровадження нових систем безпеки або відновлення постраждалих об'єктів.

Під час війни можуть порушуватися вимоги щодо утилізації відходів, що призводить до забруднення навколишнього середовища та погіршення умов для виробництва харчових продуктів. Це здатне мати негативний вплив на здоров'я працівників і споживачів. Пошкодження екологічно небезпечних об'єктів або звалищ може призвести до забруднення води, ґрунтів і повітря, що здатне безпосередньо вплинути на безпеку сировини, використовуваної у харчовій промисловості, на якість харчових продуктів і безпеку працівників [1].

У періоди військового стану роботодавці можуть скорочувати кількість постійного персоналу, приймати нових співробітників без належної перевірки, що здатне призвести до зниження якості роботи та порушення правил охорони праці. Часто через перебування кваліфікованих працівників за межами країни або мобілізацію у військові підрозділи ЗСУ спостерігається нестача кваліфікованих кадрів, що призводить до погіршення умов праці та безпеки. На підприємствах харчової промисловості часто є вимоги до професійного добору працівників, особливо в галузі санітарії та безпеки харчових продуктів, водночас прийом непідготовлених робітників відбувається без належного навчання, що також може негативно позначитися на безпеці та якості виробленої продукції. Через обмежений доступ до навчання або занедбання тренінгів із охорони праці робітники не завжди дотримуються належних стандартів безпеки, що створює додаткові ризики для здоров'я.

Загрози безпеці працівників харчової промисловості в умовах воєнного стану є різноманітними і охоплюють як фізичні, так і психологічні фактори. Для гарантування безпеки працівників необхідно вжити низку заходів: від поліпшення контрольних механізмів і дотримання санітарії до створення адаптованих програм психологічної підтримки та гарантування безпечних умов праці навіть в екстремальних ситуаціях.

Актуальні проблеми безпеки та охорони праці в умовах воєнного часу вимагають комплексного підходу до їх вирішення, частину з яких можна вирішити шляхом запровадження наступного:

1. Створення захисних укриттів на підприємствах для працівників, щоб зменшити ризики під час обстрілів чи бомбардувань; належне забезпечення засобами індивідуального захисту у разі настання надзвичайних ситуацій; вибір безпечних регіонів для переміщення виробництва або часткова евакуація підприємств у менш небезпечні місця; розробка чітких планів евакуації та тренування працівників із протидії надзвичайним ситуаціям, що забезпечить швидке реагування на будь-які загрози.

2. Створення програм психологічної підтримки для працівників, включаючи тренінги з боротьби зі стресом, доступ до психологів та соціальних працівників; інформування працівників про доступні ресурси для допомоги та організація спеціальних груп підтримки в компаніях.

3. Інвестування в резервні джерела енергії (генератори, сонячні панелі, біоенергетика), щоб забезпечити стабільне енергопостачання; автоматизація процесів та використання більш ефективних і менш енергозалежних технологій.

4. Організації онлайн-курсу з охорони праці та безпеки для працівників, щоб вони могли навчатися, навіть якщо працюють дистанційно; перекваліфікація та навчання нових працівників для відновлення виробничих потужностей та покриття дефіциту кадрів; підвищення безпеки через інструктажі і постійне нагадування про важливість дотримання стандартів безпеки; гарантування безпеки працівників, які працюють із забрудненими матеріалами, через відповідне навчання та засоби захисту.

Для вирішення проблем безпеки та охорони праці в умовах воєнного часу в харчовій промисловості необхідно забезпечити цілісність і стабільність роботи підприємств, зберігши життя та здоров'я працівників. Це потребує комплексного підходу: від фізичних заходів безпеки до психологічної підтримки працівників, технічних інновацій та покращення організаційних процесів.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Вирішення проблем безпеки та охорони праці вимагає комплексного підходу, що включає розробку нових норм і стандартів у сфері охорони праці, вдосконалення технологічних процесів, удосконалення системи навчання і підготовки кадрів, а також активну співпрацю з державними органами та міжнародними організаціями для гарантування безпеки харчових підприємств у воєнний час. Проведення інструктажів на робочих місцях, щоденний контроль керівниками структурних підрозді-

лів, відповідальними особами технічних служб, службою охорони праці за безпечним виконанням технологічних операцій, виконання інструкцій із охорони праці, застосування засобів індивідуального захисту дають позитивні результати для гарантування безпеки виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Хінальська Т. Р. Безпека життєдіяльності та охорона праці : навч. посіб. Львів : Вид-во ЛТЕУ, 2024. 302 с.
2. Майстренко В. В., Лях Ю. М., Євтушенко О. В., Демчук Г. В. Аналіз стану безпеки працюючих у харчовій промисловості. *Харчова промисловість*. 2019. № 25. С. 133-140.
3. Олійник Ю. О., Романів А. С., Параняк Н. М. Домедична психологічна допомога в умовах війни. *Габітус*. 2022. № 37. С. 174-179.
4. Челябієва В. М., Костенко І. А. Аналіз причин травматизму у харчовій галузі. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №4. С. 110-116.
5. Хінальська Т. Р. Проблеми забезпечення безпеки праці працівників харчової промисловості. *Сучасні напрями розвитку економіки, підприємництва, технологій та їх правового забезпечення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 02-03 червня 2022. Львів : Вид-во Львівського торговельно-економічного університету, 2022. С. 361-362.
6. Безпека праці в харчовій промисловості. *Охорона праці і пожежна безпека*. 09.08.2024. URL: <https://oppb.com.ua/news/bezpeka-pratsi-v-harchovij-promyslovosti>.
7. Красіна О. Війна та психічне здоров'я персоналу: нові виклики для роботодавців. *Budni — проєкт від robota.ua*. 22.09.2023. URL: <https://budni.robota.ua/hr/viyna-ta-psihične-zdorov-ya-personalu-novi-vikliki-dlya-robotodavtsiv>.
8. Ризики праці на харчовому виробництві. *Охорона праці і пожежна безпека*. 23.04.2020. URL: <https://oppb.com.ua/news/ryzyky-praci-na-harchovomu-vyrobnytvi>.

9. Державна служба України з питань праці. URL: <http://dsp.gov.ua/>.

REFERENCES:

1. Khinal's'ka, T. R. (2024) Bezpeka zhyttiediial'nosti ta okhорona pratsi : navch. posib. Vyd-vo LTEU, L'viv, 302 s.
2. Majstrenko, V. V., Liakh, Yu. M., Yevtushenko, O. V., Demchuk, H. V. (2019) Analiz stanu bezpeky pratsiuiuchykh u kharchovij promyslovosti. *Kharchova promyslovist'*, № 25, s. 133-140.
3. Olijnyk, Yu. O., Romaniv, A. S., Paraniak, N. M. (2022) Domedychna psykhologichna dopomoha v umovakh vijny. *Habitus*, № 37, s. 174-179.
4. Cheliabiieva, V. M., Kostenko, I. A. (2022) Analiz prychyn travmatyzmu u kharchovij haluzi. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk*, №4, s. 110-116.
5. Khinal's'ka, T. R. (2022) Problemy zabezpechennia bezpeky pratsi pratsivnykiv kharchovoi promyslovosti. *Suchasni napriamy rozvytku ekonomiky, pidpriemnytstva, tekhnolohij ta ikh pravovoho zabezpechennia : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. 02-03 chervnia 2022. Vyd-vo L'viv's'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu, L'viv, s. 361-362.
6. Bezpeka pratsi v kharchovij promyslovosti. *Okhорona pratsi i pozhezhna bezpeka*. 09.08.2024, available at: <https://oppb.com.ua/news/bezpeka-pratsi-v-harchovij-promyslovosti>.
7. Krasina O. Vijnna ta psykhichne zdorov'ia personalu: novi vyklyky dlia robotodavtsiv. *Budni — proekt vid robota.ua*. 22.09.2023, available at: <https://budni.robota.ua/hr/viyna-ta-psihične-zdorov-ya-personalu-novi-vikliki-dlya-robotodavtsiv>.
8. Ryzkyky pratsi na kharchovomu vyrobnytstvi. *Okhорona pratsi i pozhezhna bezpeka*. 23.04.2020, available at: <https://oppb.com.ua/news/ryzyky-praci-na-harchovomu-vyrobnytvi>.
9. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan' pratsi, available at: <http://dsp.gov.ua/>.

*Стаття надійшла до редакції
12 січня 2025 року*

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 606

Бужанська М. В.,

buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727, Researcher ID: G-2366-2019,

к.х.н., доцент, доцент кафедри харчових технологій,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПАКОВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. Дослідження систематизує знання про інноваційні рішення використання паковальних матеріалів та біоактивних речовин для запаковування м'яса та м'ясних продуктів, враховуючи сучасні тенденції та очікування споживачів, збереження якості та безпечності продукції. Акцентує увагу на новітніх матеріалах, технологіях і концепціях пакування, що активно впроваджуються у харчовій промисловості. Розробка ефективних систем пакування є актуальною через зростання попиту на безпечні та екологічно чисті продукти харчування, зменшення харчових відходів, а також потребу у збереженні свіжості та смакових властивостей продукції. Проблеми, пов'язані з традиційними матеріалами, такими як їхній екологічний вплив і обмежена функціональність, вимагають нових підходів. Дослідження спрямоване на пошук рішень, що підвищують конкурентоспроможність продукції, забезпечуючи водночас відповідність сучасним екологічним стандартам. Традиційні методи пакування не завжди забезпечують довготривале зберігання продуктів без втрати якості. Зокрема, поширення патогенних мікроорганізмів та окиснення жирів залишаються значними викликами. Надається аналіз традиційних та інноваційних рішень у пакуванні, їхніх переваг і недоліків. Зокрема, описуються функціональні властивості інтелектуальних пакувань, вплив MAP і CAP на збереження м'яса, а також перспективи застосування біорозкладних матеріалів. Особлива увага приділяється розробці та використанню натуральних і відновлюваних біополімерів, які є екологічною альтернативою паковальним матеріалам на основі нафтопродуктів. Стаття демонструє, що інновації у пакуванні м'яса є ключем до вирішення проблем тривалого зберігання та екологічності. Застосування сучасних технологій, таких як інтелектуальні пакування, MAP і CAP, а також біополімерів, забезпечує високу якість продукції та мінімізацію впливу на довкілля.

Ключові слова: інноваційне пакування, біоактивні речовини, м'ясні продукти, біополімери, модифікована атмосфера (MAP), контрольована атмосфера (CAP), інтелектуальне пакування, біорозкладні матеріали, коекструзійні плівки.

Buzhanska M. V.,

buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727, Researcher ID: G-2366-2019,

Ph.D., Associate Professor; Associate Professor at the Department of Food Technologies,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

MODERN TRENDS IN THE USE OF PACKAGING MATERIALS FOR MEAT PRODUCTS

Abstract. The study systematizes knowledge about innovative solutions for the use of packaging materials and bioactive substances in the packaging of meat and meat products, taking into account modern trends and consumer expectations, as well as the preservation of product quality and safety. It focuses on advanced materials, technologies, and packaging concepts actively implemented in the food industry. The development of effective packaging systems is relevant due to the growing demand for safe and environmentally friendly food products, the reduction of food waste, and the need to maintain the freshness and taste properties of products.

Issues associated with traditional materials, such as their environmental impact and limited functionality, require new approaches. The study aims to identify solutions that enhance product competitiveness while ensuring compliance with modern environmental standards. Traditional packaging methods do not always provide long-term storage without quality loss. Specifically, the spread of pathogenic microorganisms and lipid oxidation remain significant challenges. The study analyzes traditional and innovative packaging solutions, highlighting their advantages and disadvantages. It examines the functional properties of intelligent packaging, the impact of Modified Atmosphere Packaging (MAP) and Controlled Atmosphere Packaging (CAP) on meat preservation, and the prospects for using biodegradable materials. Special attention is given to the development and use of natural and renewable biopolymers as eco-friendly alternatives to petroleum-based packaging materials. The article demonstrates that innovations in meat packaging are key to addressing the challenges of long-term storage and sustainability. The use of modern technologies, such as intelligent packaging, MAP and CAP, and biopolymers, ensures high product quality while minimizing environmental impact.

Key words: Innovative packaging, bioactive substances, meat products, biopolymers, Modified Atmosphere Packaging (MAP), Controlled Atmosphere Packaging (CAP), intelligent packaging, biodegradable materials, co-extrusion films.

JEL Classification: L66, O14

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-05>

Постановка проблеми. Пакування м'яса і м'ясних продуктів відіграє важливу роль у гарантуванні їхньої безпечності, якості та зручності транспортування. З розвитком технологій і зростаючими вимогами споживачів традиційні методи запаковування більше не можуть повністю задовольняти потреби ринку. Існує кілька ключових проблем, які потребують вирішення для вдосконалення пакування м'ясних продуктів. М'ясо швидко псується через вплив кисню, вологи та мікроорганізмів. Постає проблема розробки пакування, яке зможе ефективно захищати продукти від негативного впливу зовнішніх факторів та подовжити термін придатності, зберігаючи при цьому свіжість. Отож, безпека харчових продуктів є одним із головних завдань сучасного пакування. Потрібні матеріали та технології, які зменшують ризик мікробного зараження, включаючи антибактеріальні властивості та герметичність пакування. Традиційне пластикове пакування створює серйозні екологічні проблеми через тривалий час розкладу. Споживачі все більше звертають увагу на екологічність пакування, тому існує потреба у розробці біорозкладних, перероблюваних матеріалів, які будуть відповідати екологічним стандартам без втрати якості.

Споживачі прагнуть функціональних та зручних рішень, таких як легке відкриття, повторне закриття, можливість приготування у самому пакуванні (наприклад, у мікрохвильовій печі) або інформаційні етикетки. Це створює додаткові вимоги до дизайну пакування. Пакування не повинне змінювати смак, текстуру та інші орга-

нолептичні властивості м'ясних продуктів. Тому важливо вибирати матеріали, які не вступатимуть у хімічні реакції з м'ясом і не впливатимуть на його якість.

Вирішення цих проблем вимагає впровадження нових технологій запаковування, таких як активне і розумне пакування, вдосконалення властивостей традиційних матеріалів, використання біополімерів та створення ефективних бар'єрних пакувань. Дані проблеми зумовлюють пошук рішень та актуальність досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Запаковування м'яса є важливою складовою ланцюга збереження якості та безпеки продукту, що обумовлює зростання уваги дослідників до нових технологій у цій сфері.

Основною проблемою залишається швидке псування м'яса через вплив кисню, мікроорганізмів та вологості, що стимулює розвиток ефективніших бар'єрних упаковок. Сучасні дослідження зосереджені на покращенні бар'єрних властивостей пакування, щоб запобігти окисненню продукту та зростанню мікроорганізмів [1].

Однією з сучасних тенденцій є розробка активного пакування, яке може включати антибактеріальні компоненти, що зменшують ризик забруднення та подовжують термін придатності [2]. Велика увага приділяється модифікованій атмосфері пакування (MAP), яка регулює склад газів всередині пакування для кращого збереження якості продукту. Дослідники також звертають увагу на екологічність матеріалів, розглядаючи

біорозкладні та біологічно базовані пакування, які можуть замінити традиційний пластик [3-6]. Водночас проблема екологічного впливу пакування на навколишнє середовище залишається актуальною, і розробка стійких матеріалів є пріоритетом [7]. Інтелектуальні пакування, які можуть відображати зміни якості продукту, набувають популярності, оскільки вони дозволяють споживачам контролювати свіжість продуктів [8]. Удосконалення технологій термічного пакування дозволяє зберігати м'ясо та м'ясні продукти без використання консервантів, зберігаючи їх природні властивості. Сучасні дослідження спрямовані також на вдосконалення матеріалів для пакування, які можуть витримувати заморожування і розморожування без втрати якості. Увага приділяється технологіям, які дозволяють зменшити вагу та об'єм пакування, що робить його більш економічним та екологічним. Зростає інтерес до впровадження нанотехнологій у пакуванні м'ясних продуктів, оскільки наноматеріали можуть забезпечувати кращий захист від впливу зовнішніх факторів [9].

Таким чином, сучасні тенденції в пакуванні м'яса та м'ясних продуктів зосереджені на підвищенні безпеки, збереженні якості та зменшенні впливу на довкілля.

Постановка завдання. Метою цього дослідження є вивчення сучасних тенденцій в упакуванні м'яса та м'ясних продуктів з метою підвищення їхньої якості, безпеки та тривалості зберігання. В умовах зростаючих вимог споживачів до свіжості та безпеки харчових продуктів важливо знайти інноваційні рішення, які зможуть задовольнити ці очікування. Систематизовано рішення для розуміння складу пакувальних матеріалів та біоактивних речовин, що використовуються в процесах упакування м'яса та м'ясних продуктів, із урахуванням сучасних тенденцій і очікувань споживачів. Тара з використанням активних сполук додатково подовжує термін зберігання харчових продуктів порівняно з традиційним пакуванням, зменшуючи несприятливі впливи під час зберігання, такі як окиснення, ріст мікроорганізмів та втрата вологи. З іншого боку, включення природних біоактивних речовин у пакування надає можливість збільшити термін зберігання харчових продуктів або зменшити використання консервантів. Цей напрямок відкриває широкі можливості для досліджень завдяки великій кількості речовин, їх впливу на властивості матеріалу упакування.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Збереження свіжості та якості продуктів харчування є важливим завданням, яке супроводжує людство протягом століть. Традиційні методи зберігання, такі як вакуумне пакування та модифікована атмосфера (МАР), залишаються актуальними і сьогодні. Вони дозволяють уповільнити процеси псування продуктів, зменшуючи вплив окиснення та мікробного забруднення. Ці методи широко використовуються для збереження різних видів харчових продуктів, від м'яса та риби до овочів і молочних виробів.

Вакуумне пакування – метод, при якому з об'єму пакування видаляється повітря, створюючи вакуум. Завдяки цьому зменшується кількість кисню, що уповільнює окиснення та ріст мікроорганізмів. Часто використовується для зберігання м'яса, риби, сиру, овочів, горіхів тощо. Такий спосіб упакування продуктів збільшує термін зберігання, їхню якість і смакові властивості, захищає від вологи та сторонніх запахів.

Іншим широко використовуваним методом пакування є МАР – модифікована атмосфера (Modified Atmosphere Packaging). Це метод, при якому в об'ємі пакування змінюється склад газів. Зазвичай зменшується кількість кисню, збільшується кількість карбон (IV) оксиду або нітрогену. Завдяки цьому знижуються процеси окиснення і пригнічується ріст мікроорганізмів. МАР часто використовується для м'ясних, молочних продуктів, овочів, фруктів, хліба, напівфабрикатів. Серед переваг виділяють довший термін зберігання, кращу презентабельність продукту, можливість зберігання продуктів при вищій температурі. Зазвичай свіже червоне м'ясо зберігається в пакуваннях із модифікованим середовищем (табл. 1), що містять 80 % O_2 : 20 % CO_2 , а варене м'ясо зберігається в 70 % N_2 : 30 % CO_2 .

Функція вуглекислого газу в пакуванні з модифікованим середовищем (МАР) полягає в тому, щоб пригнічувати ріст бактерій, що викликають псування продуктів. Нітроген використовується в МАР як інертний наповнювач для зменшення пропорцій інших газів або для запобігання здавлюванню пакування. Основна функція кисню – підтримувати м'язовий пігмент міоглобін в оксигенованій формі – оксиміоглобіні. Низькі концентрації кисню сприяють окисненню оксиміоглобіну до метміоглобіну. Тому, щоб мінімізувати утворення метміоглобіну у свіжому червоному м'ясі, кисень має бути виключений із пакувального середовища до рівня нижче 0,05 %. Високий вміст кисню в МАР також сприяє

Склад газової суміші, що використовується в пакуванні з модифікованим середовищем для м'яса та м'ясних продуктів

Тип	Склад середовища	Газопроникність плівки	Атмосфера	Примітки
Вакуумний пакет	Повітря	Низька	Анаеробна	Надлишок O ₂ споживається в результаті ферментативної реакції
МАР з високим вмістом O ₂	O ₂ , CO ₂ , N ₂	Низька	Аеробна	Кількість O ₂ зменшується з часом
МАР з низьким вмістом O ₂	CO ₂ , N ₂ , надлишок O ₂	Низька	Анаеробна	Надлишок O ₂ споживається внаслідок ферментативної реакції
Пакування в контрольованій атмосфері (Controlled Atmosphere Packaging, CAP)	CO ₂ , N ₂	Непроникна	Анаеробна	Для стабільної атмосфери можуть використовуватися поглиначі кисню

окисненню м'язових ліпідів із часом, що негативно впливає на колір свіжого м'яса.

Незважаючи на ефективність, існують певні обмеження, які важливо враховувати для подовження терміну зберігання їжі. Окиснення – хімічний процес, при якому продукти реагують із киснем, що може призводити до погіршення смаку, кольору та текстури. Особливо це стосується жирів, які можуть піддаватися процесу окиснення (згірнення), знижуючи якість продукту. Продукти можуть бути заражені мікроорганізмами, такими як бактерії, грибки або дріжджі, що призводить до псування та зменшення терміну зберігання. Вакуумне пакування та МАР допомагає зменшити ризик забруднення, але не гарантує повного захисту від патогенних мікроорганізмів, особливо в умовах порушення технологічних норм. Вакуумне пакування не повністю перешкоджає розвитку анаеробних бактерій, таких як *Clostridium botulinum*. Навіть із використанням сучасних методів запакування термін зберігання продуктів все одно залишається обмеженим. Деякі продукти зберігаються лише декілька днів або тижнів, навіть у вакуумі або в модифікованій атмосфері.

Ці методи зберігання є ефективними, але кожен із них має свої обмеження та потребує ретельного дотримання технологічних вимог для збереження якості продуктів. Особливо важливо зберігати правильну температуру і вологість, щоб подовжити термін зберігання.

Полімери на нафтовій основі є одним із найпоширеніших матеріалів для пакування завдяки їхній жорсткості, гнучкості, бажаним бар'єрним властивостям, низькій вартості та легкості

обробки [10]. Як традиційні матеріали для запакування м'яса та м'ясних продуктів використовуються синтетичні матеріали у формі фольги, часто в комбінації з зовнішнім пакуванням, наприклад із картону. Найпоширеніші синтетичні пластмаси, що застосовуються для фасування м'яса: поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полівінілхлорид (PVC), поліестер (PET), поліамід (PA), полівініліденхлорид (PVDC) та етилен-вініловий спирт [2]. Однак масове використання таких матеріалів призвело до серйозних екологічних проблем, таких як виснаження природних ресурсів, забруднення сміттям та глобальне потепління, оскільки вони є невідновлюваними та нерозкладними [11]. Тому зусилля вчених та промисловості спрямовані на розробку стійких стратегій шляхом створення інновацій у галузі пакувальних матеріалів та методів пакування. Очікуваною властивістю нових пакувальних матеріалів є те, що вони можуть бути багаторазово використаними, перероблюваними або біорозкладними після виконання своєї функції. Тому харчова промисловість шукає екологічно безпечну заміну небіорозкладним пластмасам на біорозкладні.

Інноваційні матеріали для запакування м'яса стають ключовим елементом сучасної харчової промисловості, спрямованої на збереження якості та безпеки продуктів. Нові пакувальні технології зосереджені на подовженні терміну зберігання, запобіганні росту бактерій та збереженні свіжості м'яса. Важливу роль у цьому відіграють матеріали з антимікробними властивостями та біорозкладні компоненти, які мінімізують вплив на навколишнє середовище. До інновацій відно-

сяться також «дихаючі» пакування, які дозволяють контролювати вологість і кисневий баланс всередині тари. Завдяки таким технологіям виробники можуть забезпечити високу якість продукту, задовольняючи при цьому вимоги споживачів до екологічної та безпечної їжі.

Біорозкладні матеріали, зокрема біопластики, стають популярнішими завдяки своїй екологічності та здатності зменшувати відходи, матеріали можуть розкладатися природним шляхом, що знижує навантаження на сміттєзвалища. Крім того, біопластики можуть бути розроблені з антимікробними властивостями, що робить їх перспективним варіантом для загортання харчових продуктів.

Коекструзійні плівки – це багатошарові матеріали, які поєднують різні полімери для досягнення високих бар'єрних властивостей. Одним із сучасних прикладів таких матеріалів є *Styroflex*, що забезпечує чудовий захист від проникнення кисню, вологи та запахів. Це особливо важливо для запаковування продуктів, що чутливі до зовнішніх впливів, таких як м'ясо та молочні вироби. Коекструзійні плівки дозволяють створювати тонкі, але міцні бар'єри, що подовжують термін зберігання продуктів без шкоди для їхньої якості. Такі плівки можуть бути розроблені з перспективою вторинної переробки, що робить їх екологічно безпечнішими. Інновації у цій сфері дозволяють виробникам задовольняти зростаючий попит на безпечне та довготривале зберігання продуктів харчування.

Нанотехнології відкривають нові можливості для підвищення безпеки та подовження терміну зберігання харчових продуктів. Використання наноматеріалів у пакуванні дозволяє створювати ультратонкі бар'єри, що ефективно захищають продукти від впливу кисню, вологи та світла. Деякі наночастинки, такі як аргентум або цинк, входять до складу пакування для отримання антимікробних властивостей, що пригнічує ріст шкідливих бактерій. Також нанотехнології дозволяють розробляти інтелектуальне пакування з сенсорами, які можуть сигналізувати про зміни в складі продуктів або появу шкідливих речовин. Завдяки таким інноваціям споживачі отримують безпечніші продукти з довшим терміном зберігання та збереженням їх якості.

Багато м'ясних продуктів вважаються швидкопсувними через високий вміст поживних речовин. Температура є основним фактором, що активує ріст мікроорганізмів та хімічні реакції; тому температура охолодження має суттєвий

вплив на їхні властивості. Однак коливання температури під час зберігання та транспортування можуть погіршувати якість продуктів, наприклад шляхом збільшення росту мікроорганізмів та хімічних реакцій, таких як підвищення рівнів пероксидів та тіобарбітуратової кислоти (ТВА) [12].

Щоб підвищити цінність та безпеку яловичини, було розроблено та впроваджено методи холодного зберігання та логістики холодного ланцюга. Ці методи застосовуються для збереження сирової яловичини, особливо під час заморожування та охолодження [13]. Заморожування нижче -18°C суттєво подовжує термін зберігання м'ясних продуктів, але погіршує якість м'яса під час процесу заморожування-розморожування. Для порівняння: зберігання при 4°C дозволяє зберегти сенсорну якість м'яса та знизити енергоспоживання; однак воно не може повністю пригнічувати ріст мікробів, тому термін зберігання продуктів обмежений [13].

М'ясна промисловість зацікавлена у виробництві сучасних пакувань на основі матеріалів, які є біорозкладними, компостованими, перероблюваними або багаторазовими. Зростаючий попит на м'ясо спричинив значний прогрес у пакуванні м'яса, забезпечуючи здорові та безпечні продукти. У той же час безпека та якість м'яса залежать від пакувальних матеріалів і застосовуваних технологій.

Наноматеріали, що складаються з TiO_2 , SiO_2 , наночастинок аргентуму, графену та наноцелюлози, мають важливі характеристики, такі як висока каталітична активність та провідність, що характеризує їх як біосенсиори. У літературі описано властивості імуносенсорів, які використовують для виявлення *Salmonella* у зразках м'яса. Наприклад, графен є надійним біосенсорним наноматеріалом, який легко інтегрується з інтелектуальними пакувальними системами. Графенові наноплівки та електроди використовують для розробки гнучких детекторів етанолу, гістаміну та амоніаку [13].

Серед цих плівок пігментні натуральні колориметричні плівки цікаві своїми властивостями нетоксичності, біосумісності, рН та іншими характеристиками. Ці колориметричні плівки, чутливі до рН, можуть показувати видимі зміни кольору, реагуючи на нелеткі гази, які утворюються при розкладі продуктів із високим вмістом білка, що може надавати візуальну інформацію про якість та мікробне забруднення харчових продуктів [13].

Для інгібування окиснення жирів і зменшення використання хімічних добавок, що викликають порушення здоров'я, у функціональному пакуванні застосовуються натуральні антиоксиданти. Вони також подовжують термін зберігання м'ясних продуктів.

Антиоксидантні та антимікробні сполуки, що використовуються як матеріал пакування, мають різне походження: натуральні (ефірні олії, низин, куркумін, α -токоферол і вітаміни, екстракти рослин і вичавок, які багаті на феноли, аліловий ізотіоціанат та хітозан); синтетичні антиоксиданти (гідрокситолуол та його аналоги, гідроксіанізол та *t*-бутилгідроксихінон); антимікробні речовини (органічні кислоти (ацетатна, сорбінова, аскорбінова, бензойна та пропанова), нітрити та нітрати).

Тимол, який є основним компонентом олії чебрецю, є перспективною альтернативою хімічним консервантам із хорошими антимікробними та антиоксидантними властивостями. Хоча потенціал тимолу як харчового консерванта широко обговорюється, його використання у формуванні плівок/покриттів обмежене через високу леткість та гідрофобність. Враховуючи ці проблеми, особливу увагу було приділено інкапсуляції біоактивних сполук рослинного походження у структуру біополімерів.

Лін та ін. використали желатинові наноплівки, що містять ефірну олію чебрецю/ ϵ -полілізинові β -циклодекстринові наночастинки, для контролю росту *Campylobacter jejuni* на поверхні м'яса птиці без впливу на сенсорні, текстурні властивості та колір. Запаковані зразки курятини показали нижчий рівень аеробних бактерій, знижену кількість загального леткого нітрогену, триметиламіну, вміст ТВА та значення рН.

Циннамальдегід (3-феніл-2-пропеналь), компонент натуральної кориці з характерним ароматом, є одним із важливих антиоксидантних і антимікробних агентів. Він може використовуватися для поліпшення якості харчових продуктів та подовження їх терміну зберігання. Його чутливість до тепла, світла, вологості, кисню, а також рідкий стан при кімнатній температурі вимагають його інкапсуляції.

Маса зеїнових нанофібрів, що містить 1000 ppm циннамальдегіду, показала хорошу бактерицидну активність проти *Staphylococcus aureus* PTCC 1337 (Перська колекція типових культур (PTCC)) та *Escherichia coli* O157:H7 без значних негативних ефектів на текстуру або колір у сосисках зі зниженим вмістом нітритів [12]. Кількість *E. Coli* та *S. Aureus* зменшувалася у всіх сосис-

ках під час зберігання завдяки наявності зеїнових нанофібрів із циннамальдегідом як антибактеріальним агентом і нітратами [12].

Дослідження показали, що циннамальдегід, зеїнові нанофібри з циннамальдегідом і нітрити демонструють довготривале пригнічення росту *S. Aureus* та *E. Coli* [13]. Через 10 днів зберігання у зразках із пакуванням, що містили матеріали з фазовим переходом для буферизації температури, не було виявлено бактерій *E. Coli* та *S. Aureus* [12].

Огляд складу зразків нових пакувальних матеріалів, біоактивних речовин, що використовуються, та спектра їх впливу на якість запакованих харчових продуктів представлений у таблиці 2.

Впровадження нових технологій у пакування харчових продуктів зробило ринок пакування динамічним. Це передбачає багато змін, зокрема у перевірці придатності нових матеріалів у промислових умовах, особливо з точки зору їх впливу на якість і безпеку упакованих харчових продуктів. Перспективним напрямком є використання природних полімерів із цією метою, що дозволяє вирішити проблему утворення великої кількості відходів харчовою промисловістю.

Крім того, включення натуральних біоактивних речовин у пакування відкриває можливості для подовження терміну зберігання харчових продуктів та зменшення використання харчових консервантів. Це надає широке поле для досліджень через різноманітність речовин та спектр їх впливу, разом із властивостями упакованого продукту.

Інновації в харчових пакувальних наноматеріалах обумовлені насамперед їхніми такими унікальними характеристиками: чудові оптичні, бар'єрні та термічні властивості, антимікробна активність та вдосконалені сенсорні властивості, що впливають на їхній хімічний, фізичний та біологічний потенціал, на відміну від їхніх об'ємних аналогів.

Використання нових матеріалів для пакування м'яса сприяє зменшенню негативного екологічного впливу на навколишнє середовище. Біорозкладні матеріали, такі як біопластики, знижують обсяги пластикових відходів, оскільки можуть розкладатися природним шляхом. Переробка коекструзійних плівок, зокрема тих, що містять перероблювані компоненти, дозволяє повторно використовувати цінні ресурси, зменшуючи потребу в нових матеріалах. Завдяки цьому зменшується кількість сміття на звалищах та шкідливий вплив на екосистеми. Інноваційні матері-

Таблиця 2

Приклади та ефекти використання біоактивних речовин у паковальних матеріалах

Речовина	Матриця	Отримано позитивні ефекти	Продукт
Масло чайного дерева	Нановолокна мембрана	Протимікробний ефект Інгібування 99,99% <i>Salmonella</i> після 4 днів роботи без впливу на сенсорні властивості	Куряче м'ясо
Ефірна олія кориці	Інкапсульований в <i>Eudragit</i> L100 (як оболонка) за технологією коаксального електроспінінгу	Хороша антибактеріальна ефективність проти <i>E. Coli</i> та <i>S. Aureus</i>	Свиняча корейка
Екстракт шкірки граната (PE)	Активні нановолокна електроволокна хітозан/поліетиленоксид (CS/PEO)/активні нановолокна CS/PEO/PE	Ефективне інгібування <i>E. Coli</i> O157:H7 на зразках при 4 і 25 °C протягом 7 і 10 днів відповідно порівняно з контрольним пакуванням	Яловичина
Чебрець (EO)	Нановолокна фіброїну шовку	Зменшення <i>Salmonella typhimurium</i> з 6,64 до 2,24 log KUO/г	Куряче м'ясо
Орегано (EO)	Фольга натрій альгінату	Зменшення популяції <i>Listeria</i> приблизно на 1,5 log при 8 °C і 12 °C наприкінці зберігання та майже на 2,5 log при 4 °C	Шинка
Хітозан	Електропрядене волокно на основі хітозану та поліетиленоксиду CS/PEO	Можливість збереження безпеки та продовження терміну зберігання на тиждень	Свіже червоне м'ясо
Голова кислота + хітозан або карвакрол + хітозан	Крохмальна фольга	Повне пригнічення росту <i>Listeria monocytogenes</i> протягом 4 тижнів зберігання, крохмальні плівки, наповнені хітозаном або хітозаном і карвакролом, затримували ріст мікробіоти на 1-2 тижні	Шинка
Електропрядені нановолокна з желатину, гліцерину та ε-полілізину	Желатин	Пригнічення росту <i>L. Monocytogenes</i>	Яловичина
Lemon (LEO)	Термостабільний і пористий вермикуліт (VML), комплекс LEO/VML, у поєднанні з композитом глюкоманнану конжака, зшитого полі(акриловою кислотою)/полівінілловим спиртом	Довготривале контрольоване вивільнення LEO ефективно інгібує ріст <i>E. Coli</i> під час зберігання, що подовжує термін зберігання охолодженої свинини на 3 дні	Свинина
Methyl ferulate	Zein (зейн)	Ефективне інгібування росту мікроорганізмів у рибі та уповільнення виробництва і накопичення лужних речовин, що дозволяє контролювати підвищення pH і зберігати свіжість	Риба
Thyme EO/ε-polylysine β-cyclodextrin nanoparticles	Нановолокна желатину	Контролює ріст <i>S. Jejuni</i> на поверхні птиці без впливу на сенсорну оцінку	М'ясо птиці
Eugenol	Нановолокна желатину	Сильна антибактеріальна активність/уповільнення росту загальних мезофільних аеробних та загальних бактерій	М'ясні продукти
Покритий нетканною тканиною з полікапролактону/хітозану (плівка 1), покритий нетканною тканиною з полікапролактону/хітозану, посиленою екстрактом колумбійського прополісу (плівка 2)	Плівка з лінійного поліетилену низької щільності	Покращення стабільності кольору та мікробіологічної стабільності зразків свинини	Свинина

Продовження таблиці 2

Антиоксидантний ефект		
Екстракт розмарину	Поліетилен низької щільності	Значне пригнічення окиснення ліпідів
Chitosan	Желатинова фольга	Інгібування окиснення жирів і утворення метгемоглобіну
Корія (85%) + ефірна олія розмарину (15%)	Сироватковий блок	Інгібування окиснення ліпідів
Екстракт зеленого чаю	Поліамід	Дуже хороша антиоксидантна здатність і подовження терміну зберігання від 6 до 23 днів
Антиоксидантна + протимікробна дія		
Екстракт шкірки буряка	Покриття желатин-натрій альгінат	Мінімальна інгібуєча концентрація 2,5 мг/мл проти грампозитивних бактерій (<i>S. Aureus</i> і <i>E. Coli</i>) і грамнегативних бактерій (<i>Salmonella enterica</i> і <i>L. Monocytogenes</i>); уповільнення хімічного окиснення та покращення сенсорних характеристик
Постбіотики <i>Lactobacillus plantarum</i>	Бактеріальна наноцелюлоза	Зменшення (~5 log циклів) кількості <i>L. Monocytogenes</i> у фарші. Постбіотики <i>L. Plantarum</i> показали помірну антиоксидантну активність у м'ясі.
<i>Anethum graveolens</i> (EO)	Слизова оболонка насіння подорожника великого	Дія проти <i>E. Coli</i> , <i>S. Aureus</i> , грибків, що збільшує термін зберігання м'яса з 6 до 18 діб; а також пригнічення росту бактерій і уповільнення окислювальних змін
Олії гвоздики та аргана	Poly(lactic acid) плівки, вкриті хітозановою олією	Низька окисленості, висока активність поглинання радикалів і сильне пригнічення росту <i>L. Monocytogenes</i> , <i>S. Typhimurium</i> і <i>E. Coli</i>
Водний екстракт зеленого чаю	Хітозанове покриття	Поліпшення фізико-хімічних властивостей (рН, колір, окиснення ліпідів) і мікробіологічних властивостей зразків при зберіганні; включення 0,1% і 0,5% водного екстракту зеленого чаю в 1% покриття хітозану ефективно затримує утворення малонового диальдегіду і ріст мікробів, сприятливо впливаючи на рН і інтенсивність червоного кольору свинини
Наночастинки ZnO з прополісом	Композитна плівка на основі пулулан/хітозан (PLN/CTS)	Сильна антибактеріальна активність проти <i>E. Coli</i> та <i>L. Monocytogenes</i> : у зразках м'яса, загорнутих у фольгу PLN/CTS/ZnO/PPS перед пакуванням, загальна кількість аеробних бактерій (TABC) залишалася на рівні 6,7 Log КУО/г після 8 днів зберігання, тоді як у контрольних зразках відбулося швидке збільшення (TABC) приблизно до 6 Log КУО/г через 6 днів, і, зрештою, досягло 9 Log КУО/г протягом 8 днів.
Spice EO (<i>Laurus nobilis</i> , LEO, and <i>Rosmarinus officinalis</i> , REO)	Полівініловий спирт електроволокну	Хороша антиоксидантна активність: після 15 днів зберігання пероксидні значення (PV) упакованого м'яса в контрольній групі різко зросли до 22 меґ/кг, тоді як м'ясо, загорнуте у плівку PLN/CTS/ZnO/PPS, показало набагато нижчий показник пероксиду – близько 10 меґ/кг, що свідчить про приблизно 55% зниження окиснення ліпідів.
Джерело: складено на основі: Gil M., Rudy M. Innovations in the Packaging of Meat and Meat Products—A Review. <i>Coatings</i> . 2023, 13, 333. https://doi.org/10.3390/coatings13020333 .		Філе курячої грудки

али, такі як Styroflex, забезпечують ефективний захист продуктів при мінімальному використанні ресурсів, що робить їх безпечнішими. Крім того, нанотехнології дозволяють створювати надтонкі, але міцні пакувальні бар'єри, які знижують споживання пластиків. Це сприяє розвитку екологічно чистих пакувальних рішень, що відповідають вимогам сталого розвитку. У майбутньому очікується ще більше інвестицій у екологічні інновації, що допоможуть знизити карбоновий слід харчової промисловості.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Використання біополімерів у пакуванні харчових продуктів є інноваційним та екологічно перспективним підходом, що має потенціал для значного вдосконалення сучасної харчової індустрії. Основними перевагами біополімерів є їхня екологічність, біорозкладність та можливість зменшення обсягів пластику, що забруднює довкілля. Інтеграція природних біоактивних речовин у біополімерні матеріали відкриває нові можливості для продовження терміну зберігання продуктів, зменшення потреби у синтетичних консервантах і, відповідно, підвищення безпеки харчових продуктів.

Перспективи цього напрямку включають подальші дослідження для вдосконалення механічних, бар'єрних і функціональних властивостей біополімерів, а також їх адаптацію до широкого спектра харчових продуктів. Крім того, розвиток технологій, спрямованих на зниження вартості виробництва біополімерних матеріалів, сприятиме їх більшому впровадженню на ринку.

Таким чином, біополімери в пакуванні харчових продуктів є не лише ефективним рішенням для зменшення екологічного навантаження, але й інструментом для забезпечення високої якості та безпеки харчової продукції в умовах сучасних викликів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Новікова Н. В. Переваги упаковки м'яса курей-бройлерів в модифікованому газовому середовищі, та вплив на його зберігання. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 97. С. 155-159. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/taveconn_2017_97_27.
2. Cenci-Goga B., Iulietto M., Sechi P., Borgogni E., Karama M., Grispoldi L. New Trends in Meat Packaging. *Microbiology research. Microbiol. Res.* 2020. Vol. 11, 56-67. Doi: 10.3390/microbiolres11020010 www.mdpi.com/journal/microbiolres.

3. Debeaufort F., Voilley A. Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *International Journal of Food Science & Technology*. 1995. Vol. 30(2). P. 183-190.

4. Копилова К. В., Вербицький С. Б., Козаченко О. Б. та ін. Інноваційні біорозкладні матеріали для пакування продукції молочної промисловості. *Матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої наук.-практ. Конф. «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності»*, 12 вересня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. С. 150-152.

5. Haugaard V. K., Udsen A.-M., Mortensen G., Høgh L., Petersen K., Monahan F. Potential food applications of biobased materials. An EU-Concerted Action Project. *Starch/Starke*. 2001. Vol. 53. P. 189-200.

6. Robertson G. L. Edible and biobased food packaging materials. In *Food Packaging: Principles and Practice*. New York : Taylor & Francis, 2006. Chapter 3.

7. Сірик Т. А. Аналіз факторів впливу пакувальних відходів на навколишнє середовище. К. : Колос, 2014. 342 с.

8. Лебединець В. Т. Досягнення і перспективи розвитку інтелектуальних упаковок. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2022. Вип. 29. С. 30-38.

9. Авдяков Є. В., Золотухіна К. І. Аналітичний огляд сучасного стану технологій виготовлення гнучкого пакування та етикетки. *Технологія і техніка друкарства*. 2022. Т. 3. №. 77. С. 33-46. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(77\).2022.271804](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(77).2022.271804).

10. Sid S., Mor R. S., Kishore A., Sharanagat V. S. Bio-Sourced Polymers as Alternatives to Conventional Food Packaging Materials: A Review. *Trends Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 115. P. 87-104.

11. Nilsen-Nygaard J., Fernández E. N., Radusin T., Rotabakk B. T., Sarfraz J., Sharmin N., Sivertsvik M., Sone I., Pettersen M. K. Current Status of Biobased and Biodegradable Food Packaging Materials: Impact on Food Quality and Effect of Innovative Processing Technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2021. Vol. 20. P. 1333-1380.

12. Karim M., Fathi M., Soleimanian-Zad S., Spigno G. Development of Sausage Packaging with Zein Nanofibers Containing Tetradecane Produced via Needle-Less Electrospinning Method. *Food Packag. Shelf Life*. 2022, 33. P. 100911.

13. Gil M., Rudy M. Innovations in the Packaging of Meat and Meat Products—A Review. *Coatings*. 2023, 13, 333. <https://doi.org/10.3390/coatings13020333>.

REFERENCES:

1. Novikova N. V. (2017) Perevahy upakovky m'iasa kurej-brojlerv v modyfikovanomu hazovomu sredovyschi, ta vplyv na joho zberihannia. *Tavrijs'kyj*

naukovyy visnyk. Sil's'kohospodars'ki nauky., vyp. 97, s. 155-159, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tneconn_2017_97_27.

2. Cenci-Goga B., Iulietto M., Sechi P., Borgogni E., Karama M., Grispoli L. (2020) New Trends in Meat Packaging. *Microbiology research. Microbiol. Res.*, vol. 11, 56-67. Doi: 10.3390/microbiolres11020010 www.mdpi.com/journal/microbiolres.

3. Debeaufort F., Voilley A. (1995) Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 30(2), p. 183-190.

4. Kopylova, K. V., Verbyts'kyj, S. B., Kozachenko, O. B. Ta in. (2019) Innovatsijni biorozkladni materialy dlia pakuvannia produktii molochnoi promyslovosti. *Materialy VIII Mizhnarodnoi spetsializovanoi nauk.-prakt. Konf. «Resurso- ta enerhooschadni tekhnolohii vyrobnytstva i pakuvannia kharchovoi produktii – osnovni zasady ii konkurentozdatnosti»*, 12 veresnia 2019 r. NUKhT, Kyiv, s. 150-152.

5. Haugaard, V. K., Udsen, A.-M., Mortensen G., Høgh L., Petersen K., Monahan F. (2001) Potential food applications of biobased materials. An EU-Concerted Action Project. *Starch/Starke*, vol. 53, p. 189-200.

6. Robertson, G. L. (2006) Edible and biobased food packaging materials. In *Food Packaging: Principles and Practice*. Taylor & Francis, New York. Chapter 3.

7. Siryk, T. A. (2014) Analiz faktoriv vplyvu pakuval'nykh vidkhodiv na navkolyshnie seredovysche. *Kolos*, K., 342 s.

8. Lebedynets', V. T. (2022) Dosiahnennia i perspektyvy rozvytku intelektual'nykh upakovok.

Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky., vyp. 29, s. 30-38.

9. Avdiakov, Ye. V., Zolotukhina, K. I. (2022) Analitychnyj ohliad suchasnoho stanu tekhnolohij vyhotovlennia hnuchkoho pakuvannia ta etyketky. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, T. 3. №. 77, s. 33-46. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(77\).2022.271804](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(77).2022.271804).

10. Sid S., Mor, R. S., Kishore A., Sharanagat, V. S. (2021) Bio-Sourced Polymers as Alternatives to Conventional Food Packaging Materials: A Review. *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 115, r. 87-104.

11. Nilsen-Nygaard J., Fernández, E. N., Radusin T., Rotabakk, B. T., Sarfraz J., Sharmin N., Sivertsvik M., Sone I., Pettersen, M. K. (2021) Current Status of Biobased and Biodegradable Food Packaging Materials: Impact on Food Quality and Effect of Innovative Processing Technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 20, r. 1333-1380.

12. Karim M., Fathi M., Soleimani-Zad S., Spigno G. (2022) Development of Sausage Packaging with Zein Nanofibers Containing Tetradecane Produced via Needle-Less Electrospinning Method. *Food Packag. Shelf Life*, 33, r. 100911.

13. Gil M., Rudy M. (2023) Innovations in the Packaging of Meat and Meat Products—A Review. *Coatings*, 13, 333. <https://doi.org/10.3390/coatings13020333>.

*Стаття надійшла до редакції
23 грудня 2024 року*

УДК 637:352:67.03: 613.2:796.011.3

Бушетець Д. М.,

d.bushtets.postgraduate@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5178-6572, Researcher ID: MFK-2749-2025, аспірант кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси, Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Чагаровський О. П.,

uaach@chr-hansen.com, ORCID ID: 0009-0001-3825-9742, Researcher ID: JAX-2719-2023, д.т.н., професор, професор кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси, Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИРОВИННИХ ІНГРЕДІЄНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛАЗУРОВАНИХ СИРКІВ ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ

Анотація. Актуальність виробництва харчових продуктів для спортсменів обумовлена зростаючим інтересом до здорового способу життя та фізичної активності, а також зростанням ринку спортивного харчування. У роботі представлено аналіз вподобань респондентів – юнаків-спортсменів та дівчат-спортсменок – з метою визначення перспектив щодо розроблення рецептур та технологій сирків глазуrowаних з підвищеним вмістом білків для спортивного харчування. На основі опитування цільової групи респондентів (68 юнаків та 92 дівчат) встановлено, що 26,47% юнаків та 29,35% дівчат, які займаються спортом щонайменше 3-5 разів на тиждень, вважають сирки глазуrowані з підвищеним вмістом білків перспективним продуктом для швидкого відновлення після тренувань, для набору м'язової тканини або для підтримання поточної маси тіла, і підтримують впровадження цих продуктів на вітчизняних підприємствах молочної промисловості.

У якості білкової сировини для сирків глазуrowаних з підвищеним вмістом білків для спортивного харчування рекомендовано використання безлактозного біфідо-сиру кисломолочного та/або біфідо-сиру альбумінового, концентратів сироваткових білків, отриманих ультрафільтрацією, або концентратів рослинних білків – гарбузового, конопляного, лляного тощо. Як наповнювачі для сирків глазуrowаних, призначених для юнаків-спортсменів (за результатами опитування) рекомендовано використовувати насіння льону або насіння кунжуту, або насіння чіа; для дівчат-спортсменок – насіння льону або насіння кунжуту, або насіння чіа, а також ягідні наповнювачі – «Малина-полуниця» або «Обліпіха-м'ята». З огляду на обрані наповнювачі, сирки глазуrowані з підвищеним вмістом білків для юнаків-спортсменів повинні вироблятися без начинки з додаванням насіння льону (або насіння чіа, або насіння кунжуту), а сирки глазуrowані з підвищеним вмістом білків для дівчат-спортсменок – з додаванням насіння льону (або насіння чіа, або насіння кунжуту) із малиново-полуничною або обліпіхово-м'ятною начинкою у вигляді «стержня».

Ключові слова: спортивне харчування; респондент; сирок глазуrowаний з підвищеним вмістом білків; біфідо-сир кисломолочний; біфідо-сир альбуміновий; концентрат сироваткових білків, отриманих ультрафільтрацією; концентратів рослинних білків; наповнювач.

Bushtetz D. M.,

d.bushtets.postgraduate@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5178-6572, Researcher ID: MFK-2749-2025, Postgraduate at the Department of Milk Technology, Oil and Fat Products and Beauty Industry, Odesa National University of Technology, Odesa

Chaharovskiy O. P.,

uaach@chr-hansen.com, ORCID ID: 0009-0001-3825-9742, Researcher ID: JAX-2719-2023 Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Milk Technology, Oil and Fat Products and Beauty Industry, Odesa National University of Technology, Odesa

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF RAW INGREDIENTS FOR THE PRODUCTION OF GLAZED CHEESECAKES FOR ATHLETES

Abstract. The relevance of the production of food products for athletes is due to the growing interest in a healthy lifestyle and physical activity, as well as the growth of the sports nutrition market. The paper presents an analysis of the preferences of respondents – young athletes and female athletes – in order to determine the prospects for the development of recipes and technologies for glazed cheeses with a high protein content for sports nutrition. Based on a survey of the target group of respondents (68 boys and 92 girls), it was found that 26.47% of boys and 29.35% of girls who play sports at least 3-5 times a week consider glazed cottage cheese with a high protein content a promising product for rapid recovery after training, for gaining muscle tissue or for maintaining current body weight, and support the introduction of these products at domestic dairy enterprises.

As a protein raw material for glazed cottage cheese with a high protein content for sports nutrition, it is recommended to use lactose-free bifido-curd fermented milk and/or bifido-albumin cheese, whey protein concentrates obtained by ultrafiltration, or vegetable protein concentrates – pumpkin, hemp, flax, etc. As fillers for glazed curds intended for male athletes (according to the survey results), it is recommended to use flax seeds or sesame seeds, or chia seeds; for female athletes – flax seeds or sesame seeds, or chia seeds, as well as berry fillers – “Raspberry-Strawberry” or “Sea Buckthorn-Mint”. Considering the selected fillers, glazed curds with a high protein content for male athletes should be produced without a filling with the addition of flax seeds (or chia seeds, or sesame seeds), and glazed curds with a high protein content for female athletes – with the addition of flax seeds (or chia seeds, or sesame seeds) with a raspberry-strawberry or sea buckthorn-mint filling in the form of a “rod”.

Key words: sports nutrition; respondent; glazed cheese with high protein content; bifido-fermented cheese; bifido-albumin cheese; whey protein concentrate obtained by ultrafiltration; vegetable protein concentrates; filler.

JEL Classification: I 12, L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-06>

Постановка проблеми. Актуальність виробництва харчових продуктів для спортсменів обумовлена зростаючим інтересом до здорового способу життя та фізичної активності, зростанням ринку спортивного харчування. Споживачі все більше цікавляться функціональним харчуванням, що сприяє розвитку ринку продуктів з підвищеним вмістом білка, низьким вмістом цукру та корисним складом. Ключові показники та тенденції, які характеризують розмір та динаміку ринку продуктів спортивного харчування за період з 2018 по 2024 роки: у 2018 році розмір глобального ринку спортивного харчування становив приблизно 12,74 млрд. доларів США; за п'ятирічний період (до 2023 року включно) ринок зріс майже вдвічі – до 24,01 млрд. доларів США. Очікується, що у 2031 р. ринок спортивного харчування досягне 46,41 млрд. доларів США, з середньорічним темпом зростання (CAGR) 8,6% з 2023 по 2031 р. [1].

До факторів різкого зростання світового ринку спортивного харчування слід віднести наступні: зростаюча обізнаність про здоровий спосіб життя – споживачі все більше усвідомлюють важ-

ливість фізичної активності та збалансованого харчування, що стимулює попит на спортивне харчування; розширення кола споживачів – спортивне харчування більше не обмежується лише професійними спортсменами; його активно споживають фітнес-ентузіаста та люди, які прагнуть покращити загальний стан здоров'я; інновації та персоналізація – виробники впроваджують нові продукти, зокрема рослинного походження та з органічних інгредієнтів, а також пропонують персоналізовані рішення для задоволення індивідуальних потреб споживачів [1–4].

Позицію лідера на ринку спортивного харчування завдяки високій обізнаності споживачів та присутності провідних виробників займає Азіатсько-Тихоокеанський регіон, який демонструє швидке зростання, обумовлене зміною способу життя, економічним розвитком та збільшенням кількості людей, які займаються спортом [2]. У такій ситуації розроблення технологій та рецептур вітчизняних продуктів спортивного харчування в Україні є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками ринок протеїнових продуктів

для спортсменів, зокрема протеїнових батончиків, йогуртів і сиркових десертів демонструє значне зростання. Це зумовлено підвищеним інтересом споживачів до здорового способу життя та збалансованого харчування.

У 2023 році глобальний ринок протеїнових батончиків оцінювався в 3,6 млрд. доларів США. Очікується, що до 2032 року він досягне 5,6 млрд. доларів, демонструючи середньорічний темп зростання (CAGR) на рівні 5% у період з 2024 по 2032 роки [2]. Батончики на основі тваринного білка у 2023 році займали 75,3% ринку. Проте, зростає попит на рослинні альтернативи через збільшення кількості веганів та вегетаріанців [3]. Спортивні протеїнові батончики лідирують на ринку з часткою 49,2% у 2023 році, що пов'язано з підвищеним інтересом споживачів до фітнесу та спортивних активностей [3].

Глобальний ринок високопротеїнових йогуртів у 2024 році склав 37,6 млрд. доларів США, до 2034 року прогнозується зростання цього сектора до 71,1 млрд. доларів, з середньорічним темпом зростання 8% [4]. Слід відзначити, що серед спортсменів зростає попит на йогурти, збагачені пробіотиками, які підтримують здоров'я травної системи. Також популярність набирають йогурти на основі мигдалю, сої, вівса та кокосу, що відповідає зростаючому попиту на веганські і безлактозні продукти [4].

Дані щодо ринку сиркових десертів, зокрема, сирків глазуrowаних для спортсменів, менш доступні, однак, загальні тенденції вказують на зростаючий інтерес до високопротеїнових ферментованих молочних продуктів. Споживачі шукають найбільш зручні та смачні способи збільшити споживання білка, що створює можливості для інновацій у сегменті сиркових десертів [1]. Актуальність розроблення рецептур та технологій сирків глазуrowаних для спортсменів обумовлена наступними факторами:

- сиркові вироби містять молочні білки (казеїн і сироваткові білки), які необхідні для відновлення м'язів після фізичних навантажень;
- сирки глазуrowані – це порційний продукт, що не вимагає додаткової підготовки, тому це ідеальний варіант для швидкого перекусу;
- удосконалення рецептур дозволить зменшити кількість цукру, додати білкові ізоляти (у т.ч. рослинні білкові концентрати), корисні жири (наприклад, горіхові пасти або МСТ-олії, насіння льону або насіння чіа), що зробить сирки ще більш привабливими для спортсменів;

– сирки можуть вигравати у головних конкурентів: протеїнових батончиків, йогуртів та коктейлів, за рахунок натуральності та відсутності зайвих добавок.

У дослідженнях, проведених на кафедрі технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси Одеського національного технологічного університету, встановлено, що перспективними до розроблення продуктами для дівчат-спортсменів є йогуртовий десерт з підвищеним вмістом білків без цукру (52,2% респондентів) та протеїновий батончик (21,7% респондентів) [5]; для хлопців-спортсменів – сухий продукт для відновлення з підвищеним вмістом білка (41,4%) та протеїновий глазуrowаний батончик (34,5%) [6]. У проведених дослідженнях [5–6] щодо вподобань респондентів-спортсменів до переліку бажаних до розроблення продуктів не було включено глазуrowані сирки, які можуть скласти альтернативу протеїновим батончикам.

Постановка завдання. Метою представленої роботи стало визначення вподобань спортсменів (юнаків та дівчат) щодо розроблення нових глазуrowаних сирків з підвищеним вмістом білків для спортивного харчування та обґрунтування вибору сировинних інгредієнтів для виробництва цільових продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Маркетингове дослідження вподобань дівчат та юнаків, які займаються спортом, було проведено у Google-формі. Була розроблена спеціальна анкета для опитування спортсменів, за якою пройшли анкетування 92 дівчини та 68 юнаків (результати анкетування представлені на рис. 1–4). Більшість респондентів – молодь віком від 17 до 23 років (63,24% юнаків та 67,40% дівчат), 16,18% юнаків та 17,39% дівчат представлені респондентами 24–30 років, лише 20,58% респондентів-чоловіків та 15,21% респондентів-жінок мають вік 31–50 років (рис. 1).

Більша частина респондентів (75,0% юнаків та 67,4% дівчат) займаються спортом 3–5 раз на тиждень, постійними тренуваннями займаються лише 14,7% юнаків та 13,0% дівчат, а 10,3% юнаків та 19,6% дівчат – 1–2 рази на тиждень. Більшість опитаних юнаків та дівчат віддають перевагу заняттям у спортзалі (42,6% та 44,6% відповідно), єдиноборствами займаються 39,7% юнаків та 18,5% дівчат; змішаним+силовим+кардіо навантаженням віддають перевагу 10,3% юнаків та 21,7% дівчат, бігом займаються 15,2% дівчат та 7,4% юнаків.

Понад 3/4 опитаних юнаків та 2/3 дівчат постійно вживають молочну продукцію, вза-

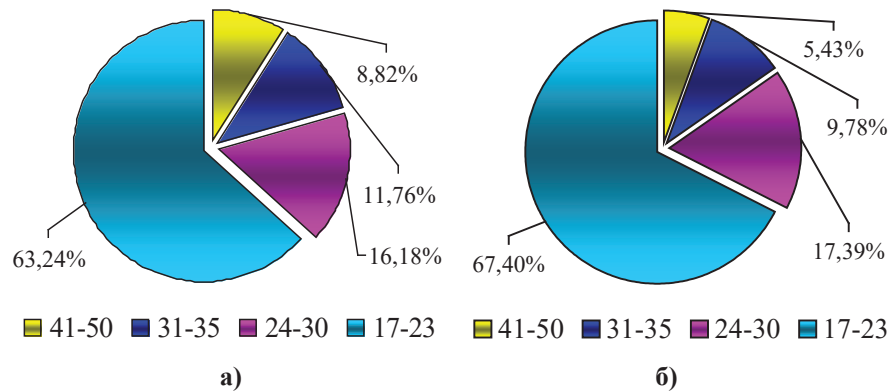


Рис. 1. Належність опитаних респондентів до вікової категорії: а – юнаки-спортсмени; б – дівчата-спортсменки

галі не вживають лише 2,9% юнаків та 5,4% дівчат; 13,2% юнаків та 17,4% дівчат вживають лише кисломолочні продукти. Крім того, 6,5% опитаних дівчат-спортсменок та 5,9% юнаків, які займаються спортом, мають непереносимість лактози, тому їм протипоказане вживання продуктів на основі молочної сировини з лактозою.

Побажання респондентів щодо виду нового продукту, який планується до розробки, розподілилися наступним чином (рис. 2): сухий продукт для відновлення – 30,88% юнаків та 11,95% дівчат; протеїновий батончик – 27,94% юнаків та 22,83% дівчат; йогуртовий десерт з підвищеним вмістом білка – 14,71% юнаків та 35,87% дівчат; сирок глазурований з підвищеним вмістом білків – 26,4% юнаків та 29,35% дівчат. Отже, близько третини опитаних респондентів вважають сирки глазуровані з підвищеним вмістом білків перспективним продуктом для спортивного харчування і підтримують впровадження цих продуктів на вітчизняних підприємствах молочної промисловості.

84% дівчат та 67,7% юнаків задоволені своєю поточною фізичною формою, за мету схуднути мають 1,47% юнаків та 4,04% дівчат, а 30,88% юнаків та 11,96% дівчат прагнуть набрати м'язову масу (рис. 3).

Усі опитані респонденти зазначили, що сирки глазуровані з підвищеним вмістом білків повинні містити смакові наповнювачі, зокрема, хлопці віддали перевагу насінню чіа (22,07%), льону (17,65%) та кунжуту (17,65%) – рис. 4, а; дівчата ж, крім перерахованих видів насіння (перевагу яким віддали 42,33%), бажають також смакувати сирки глазуровані з малиново-полуничною (16,31%) або обліпихово-м'ятною (15,22%) начинкою у вигляді «стержня» – рис. 4, б.

Отже, за результатами проведених досліджень до розроблення пропонується дві групи сирків глазурованих з підвищеним вмістом білків:

- перша – сирки глазуровані для юнаків-спортсменів з насінням льону та/або насінням кунжуту та/або насінням чіа без стержня;
- друга – сирки глазуровані для дівчат-спортсменок з насінням льону та/або насінням кунжуту та/або насінням чіа, а також з малиново-полуничною або обліпихово-м'ятною начинкою у вигляді «стержня».

У якості основної сировини для виробництва сирків глазурованих як для юнаків, так і для дівчат, які займаються спортом, доцільно використовувати біфідо-сир кисломолочний або альбуміновий сир, ферментований біфідобактеріями (біфідо-сир альбуміновий) [7-8]. Біфідо-сир кисломолочний доцільно використовувати як основу для виробництва сирків глазурованих для спортсменів, які бажають набрати м'язову масу (30,88% юнаків та 11,96% дівчат), оскільки продукт містить (в основному) казеїни, які мають складну (четвертинну) структуру, довго розщеплюються у шлунково-кишковому тракті і забезпечують поступове засвоєння амінокислот [1–4, 7]. Для спортсменів, які бажають вживати сирки глазуровані для швидкого відновлення після тренувань (23,53% юнаків та 23,91% дівчат), як основну сировину доцільно використовувати біфідо-сир альбуміновий, оскільки він містить сироваткові білки – альбуміни та глобуліни, які мають просту структуру, швидко розщеплюються у шлунково-кишковому тракті людини і, відповідно, швидко засвоюються [1–4, 7]. Такий підхід потребує подальших експериментальних досліджень з точки зору органолептичних показників глазурованих сирків, вироблених на основі біфідо-сиру альбумінового, оскільки цей вид сировини

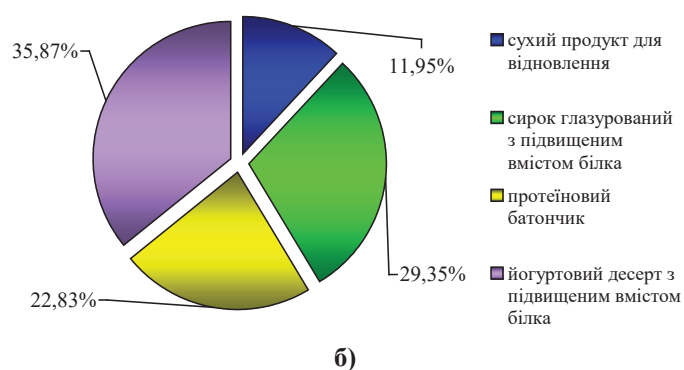
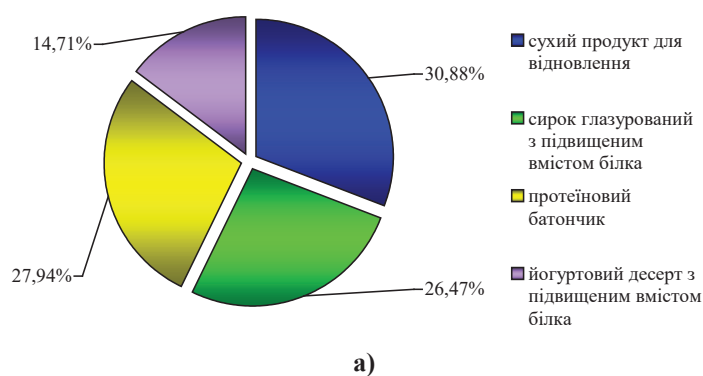


Рис. 2. Результати опитування юнаків-спортсменів (а) та дівчат-спортсменок (б) щодо розробки нового продукту

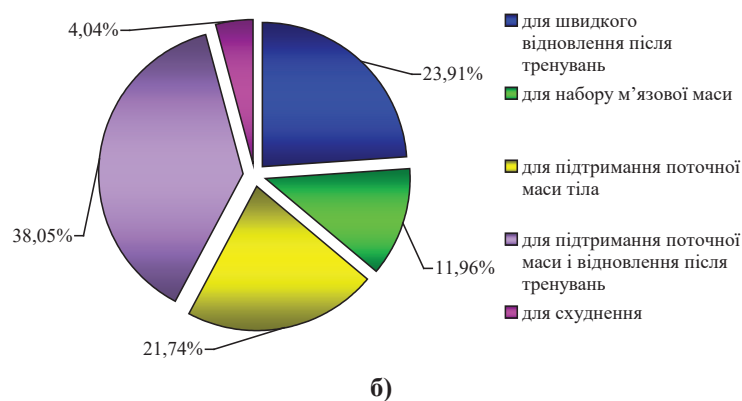
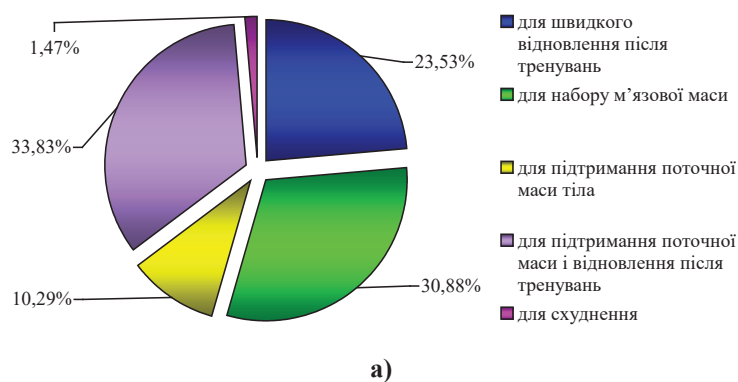


Рис. 3. Результати опитування юнаків-спортсменів (а) та дівчат-спортсменок (б) щодо мети вживання сирків глазурованих з підвищеним вмістом білка

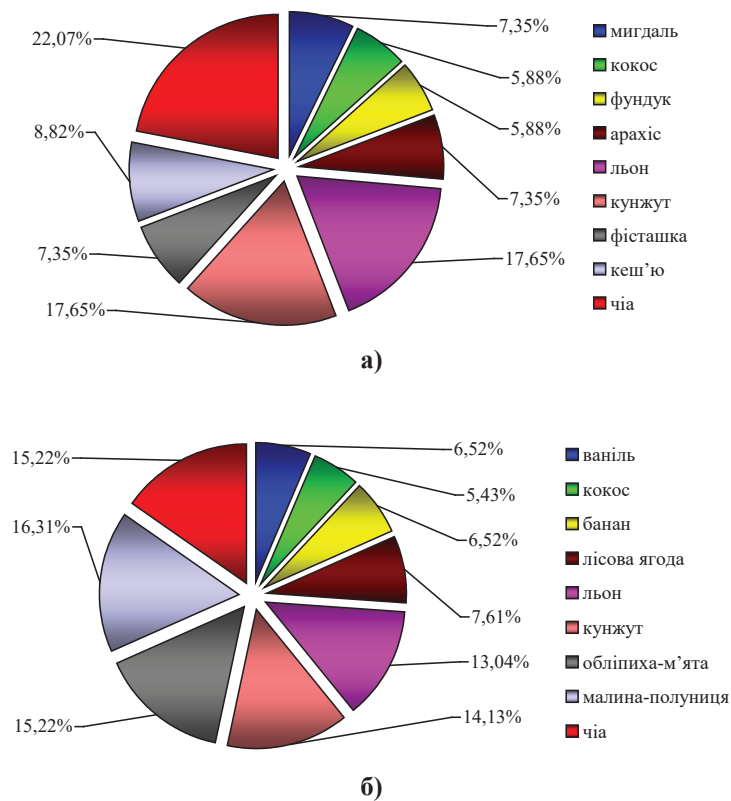


Рис. 4. Результати опитування юнаків-спортсменів (а) та дівчат-спортсменок (б) щодо бажаних смакових наповнювачів у сирках глазурованих з підвищеним вмістом білка

має характерний присмак сироваткових білків. Для оптимізації смакового профілю таких сирків доцільно дослідити поєднання біфідо-сиру альбумінового з біфідо-сиром кисломолочним з метою визначення оптимального співвідношення цих сировинних інгредієнтів з точки зору органолептичних характеристик та амінокислотного складу цільових продуктів. Також суміш біфідо-сирів альбумінового й кисломолочного доцільно використовувати як основну сировину для виробництва сирків глазурованих, призначених для підтримання поточної маси тіла (10,29% юнаків та 21,74% дівчат), і для підтримання поточної маси тіла та відновлення після тренувань (33,83% юнаків та 38,05% дівчат) [1–4, 7]. Склад такої білкової основи також вимагає оптимізації. Перспективними є також дослідження щодо використання безлактозних біфідо-сирів (кисломолочного та альбумінового), оскільки це забезпечить ширше коло споживачів, а також солодкий смак продуктів без додавання цукру та інших підсолоджувачів.

Як білкові добавки у сирки глазуровані рекомендовано вносити концентрат сироваткових білків, отриманих ультрафільтрацією, (як додаткове джерело сироваткових білків, які сприяють швидкому відновленню після тренувань [1–4, 7])

або концентрати рослинних білків – гарбузовий, конопляний, лляний тощо (як джерела повноцінних рослинних білків) [1–4, 9–10]. Використання кожного із перелічених білкових концентратів потребує проведення експериментальних досліджень з метою визначення оптимального їх співвідношення з обраною білковою основою сирка глазурованого з огляду на органолептичні властивості та амінокислотний профіль продукту.

Додаткових досліджень також потребує питання використання насіння чіа, льону та кунжуту у виробництві цільових продуктів. Перспективним може бути комбінування насіння чіа та насіння льону з насінням кунжуту для оптимізації жирнокислотного складу сирків та створення продуктів з оригінальним смаковим профілем. Можливе внесення насіння чіа (або насіння льону) у сирову масу, а насіння кунжуту – у шоколадну глазур. Такий підхід сприятиме отриманню сирової маси з заданою консистенцією за рахунок зв'язування частини вологи насінням чіа (або насінням льону), а також зробить глазур більш цікавою та функціональною, що сприятиме підвищенню попиту споживачів щодо цільових продуктів. Можливе також збагачення шоколадної глазури спеціями з високими антиоксидантними властивостями, наприклад куркумою. Це підви-

щить функціональність сирків глазурованих для спортсменів без зміни їх традиційного зовнішнього вигляду та кольору [1–4].

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

1. На основі опитування цільової групи респондентів (68 юнаків та 92 дівчат) встановлено, що 26,47% юнаків та 29,35% дівчат, які займаються спортом щонайменше 3-5 разів на тиждень, вважають сирки глазуровані з підвищеним вмістом білків перспективним продуктом для швидкого відновлення після тренувань, для набору м'язової тканини або для підтримання поточної маси тіла, і підтримують впровадження цих продуктів на вітчизняних підприємствах молочної промисловості.

2. За результатами маркетингових досліджень вподобань респондентів до розроблення пропонується дві серії продуктів: перша – сирки глазуровані для юнаків-спортсменів з насінням льону та/або насінням кунжуту та/або насінням чіа без стержня; друга – сирки глазуровані для дівчат-спортсменок з насінням льону та/або насінням кунжуту та/або насінням чіа, а також з малиново-полуничною або обліпихово-м'ятною начинкою у вигляді «стержня».

3. У якості білкової сировини для сирків глазурованих з підвищеним вмістом білків для спортивного харчування рекомендовано використання біфідо-сиру кисломолочного та/або біфідо-сиру альбумінового (у т.ч. безлактозний), концентратів сироваткових білків, отриманих ультрафільтрацією, або концентратів рослинних білків – гарбузового, конопляного, лляного тощо. Як наповнювачі для сирків глазурованих, призначених для юнаків-спортсменів рекомендовано використовувати насіння льону та/або насіння кунжуту та/або насіння чіа; для дівчат-спортсменок – насіння льону та/або насіння кунжуту та/або насіння чіа, а також ягідні наповнювачі – «Малина-полуниця» або «Обліпиха-м'ята».

4. Цільові продукти додатково можуть також збагачуватися спеціями з антиоксидантними властивостями, наприклад, куркумою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аналіз ринку спортивного харчування в Україні. *Pro-Consulting*. 2024. 29 с.
2. Supermarket Market Research. Focus Grupp. <https://www.sisinternational.com/solutions/focus-groups/> (дата звернення 20.03.2025 р.).
3. Protein Bar Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Sports Nutritional Bars, Meal Replacement Bars), By Protein Source, By

Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2024–2030? 2024. 100 p. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/protein-bar-market-report>. (дата звернення 20.03.2025 р.).

4. High-Protein Yogurt Market: Trends & Growth Insights. https://marketmindsadvisory.com/high-protein-yogurt-market-trends/?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення 20.03.2025 р.).

5. Ткаченко Н.А., Подолян З.С., Чагаровський О.П. Маркетингове дослідження вподобань дівчат-спортсменів при розробці нових білкових продуктів. *Scientific Works*. 2024. № 87, Том 2. С. 26-32. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i2.2827>

6. Свайкін О.О., Буштець Д.М. Маркетингове дослідження вподобань респондентів щодо нових молочних продуктів для хлопців-спортсменів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. № 1. С.54–66.

7. Чагаровський О.П., Ткаченко Н.А., Лисогор Т.А. Хімія молочної сировини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. *Одеса: «Сімекс-прінт»*, 2013. 268 с. ISBN 978-966-2601-44-2.

8. Дідух Н.А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / Дідух Наталія Андріївна; наук. консультант О.П. Чагаровський; *Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ*. 2008. 37 с.

9. Ozuna C., León-Galván M.F. Cucurbitaceae seed protein hydrolysates as a potential source of bioactive peptides with functional properties. *Biomed. Res. Int*. 2017. 16 p. doi: 10.1155/2017/2121878

10. Moure, A.; Sineiro, J.; Domínguez, H.; Parajó, J.C. Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Res. Int*. 2006. № 39. P. 945–963.

REFERENCES:

1. Analiz ry`nku sporty`vnoho xarchuvannya v Ukraini. (2024) *Pro-Consulting*. 2024. 29.
2. Supermarket Market Research. Focus Grupp. <https://www.sisinternational.com/solutions/focus-groups/> (data zvernennya 20.03.2025 r.).
3. Protein Bar Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Sports Nutritional Bars, Meal Replacement Bars), By Protein Source, By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2024–2030? (2024). 100. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/protein-bar-market-report>. (data zvernennya 20.03.2025 r.).
4. High-Protein Yogurt Market: Trends & Growth Insights. https://marketmindsadvisory.com/high-protein-yogurt-market-trends/?utm_source=chatgpt.com. (data zvernennya 20.03.2025 r.).
5. Tkachenko N.A., Podolyan Z.S., Chagarovs`ky`j O.P. (2024). Markety`ngove doslidzhennya vpodoban` divchat-sportsmeniv pry` rozrobci novy`x bilkovy`x

produktiv. *Scientific Works*. 87(2). 26-32. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i2.2827>

6. Svajkin O.O., Bushtecz D.M. (2025). Marketyngove doslidzhennya vpodoban` respondentiv shhodo novy`x molochny`x produktiv dlya xlopciv-sportsmeniv. *Tavrijs`ky`j naukovy`j visny`k. Seriya: Texnichni nauky`*. 1. 54–66.

7. Chagarovs`ky`j O.P., Tkachenko N.A., Ly`sogor T.A. (2013) *Ximiya molochnoyi sy`rovy`ny`*: navchal`ny`j posibny`k dlya studentiv vy`shhy`x navchal`ny`x zakladiv. Odesa: «Simeks-print»,. 268. ISBN 978-966-2601-44-2.

8. Didux N.A. (2008). Naukovi osnovy` rozrobky` tehnologij molochny`x produktiv funkcional`nogo pry`znachennya: avtoref. dy`s. ... d-ra techn.

nauk: specz. 05.18.16 «Texnologiya produktiv xarchuvannya» / Didux Nataliya Andriyivna; nauk. konsul`tant O.P. Chagarovs`ky`j; Odes. nacz. akad. xarch. tehnologij. Odesa: ONAXT. 37.

9. Ozuna C., León-Galván M.F. (2017). Cucurbitaceae seed protein hydrolysates as a potential source of bioactive peptides with functional properties. *Biomed. Res. Int.* 16. doi: 10.1155/2017/2121878

10. Moure, A.; Sineiro, J.; Domínguez, H.; Parajó, J.C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Res. Int.* 39. 945–963.

Стаття надійшла до редакції

28 лютого 2025 року

УДК 641.4:664.8.037:664.149:634.7

Калугіна І. М.,
ik101273@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3385-9722, Researcher ID: P-7026-2015,
к.т.н., доцент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування,
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Поплавська С. О.,
ifc.technolog@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4981-7834, Researcher ID: P-6249-2015,
асистент, асистент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування,
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕСЕРТНИХ МАС ІЗ ФЕЙХОА

Анотація. Для розширення асортименту десертів з підвищеною харчовою цінністю для закладів ресторанного господарства певний інтерес представляє технологія мусу з дієтичною добавкою з нової плодово-ягідної сировини, а саме – пюре фейхоа з цукром, яка характеризується високим вмістом цінних нутрієнтів. Досліджено реологічні властивості десертних мас з добавкою фейхоа для обґрунтування рецептури та технології мусу з фейхоа з метою отримання продукту високої якості. Визначено, що з додаванням дієтичної добавки фейхоа у десертні маси збільшується їх ефективна в'язкість в області малої напруги зсуву від 1,8 до 5,4 с⁻¹. При швидкості зсуву від 9 с⁻¹ й вище відбувається руйнування просторового каркасу досліджуваних систем. Реограми та криві плину десертних мас з фейхоа мають вид характерний для високов'язких харчових продуктів, структурованих (неньютонівських) рідин, що мають пластичний тип плину та незначні тиксотропні властивості. Показано підвищення структурної міцності мусу із додаванням добавки фейхоа, про що свідчить збільшення показника граничної напруги зсуву мусу у 1,5 рази. Проаналізовано вплив тривалості збивання десертних мас на значення показника граничної напруги зсуву, що стало підґрунтям для рекомендації раціональних параметрів збивання для отримання мусу із стабільною структурою та скорочення технологічного процесу його виробництва. Встановлено, що із збільшенням відсоткового вмісту добавки фейхоа відбувається зменшення питомої сили відриву, що свідчить про покращення адгезійних властивостей десертних мас, необхідних на стадіях вистоювання і формування мусу. Отримані дані дозволили визначити вміст дієтичної добавки – 20 % до маси готового продукту та раціональні технологічні параметри приготування мусу з фейхоа, а саме: тривалість збивання 6 хв, градієнт швидкості зсуву від 3 до 5,4 с⁻¹ за температур 35...40 °С.

Ключові слова: технологія мусу, фейхоа, реологічні властивості, ефективна в'язкість, структурна міцність, адгезія, заклади ресторанного господарства.

Kalugina I. I.,
ik101273@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3385-9722, Researcher ID: P-7026-2015,
Ph. D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of restaurant
and healthy food technologies, Odesa National University of Technology, Odesa

Poplavska S. O.,
ifc.technolog@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4981-7834, Researcher ID: P-6249-2015,
Assistant, Assistant at the Department of restaurant and healthy food technologies,
Odesa National University of Technology, Odesa

RESEARCH ON THE RHEOLOGY PROPERTIES OF FEIJOA DESSERT MASSES

Abstract. To expand the range of desserts with increased nutritional value for restaurant establishments, the technology of mousse with a dietary supplement from a new fruit and berry raw material, namely feijoa puree with sugar, which is characterized by a high content of valuable nutrients, is of certain interest. The

rheological properties of dessert masses with the addition of feijoa have been studied to substantiate the recipe and technology of feijoa mousse in order to obtain a high-quality product. It has been determined that with the addition of the dietary supplement feijoa to dessert masses, their effective viscosity increases in the region of low shear stress from 1.8 to 5.4 c⁻¹. At a shear rate of 9 c⁻¹ and higher, the spatial framework of the studied systems is destroyed. Rheograms and flow curves of dessert masses from feijoa have a form characteristic of highly viscous food products, structured (non-Newtonian) liquids, which have a plastic type of flow and insignificant thixotropic properties. An increase in the structural strength of the mousse with the addition of the feijoa additive is shown, as evidenced by an increase in the ultimate shear stress index of the mousse by 1.5 times. The influence of the duration of dessert masses whipping on the value of the ultimate shear stress index was analyzed, which became the basis for recommending rational whipping parameters to obtain a mouse with a stable structure and reducing the technological process of its production. It was established that with an increase in the percentage content of the feijoa additive, the specific tear force decreases, which indicates an improvement in the adhesive properties of dessert masses required at the stages of proofing and mousse formation. The data obtained allowed us to determine the content of the dietary supplement – 20% by weight of the finished product and rational technological parameters for preparing feijoa mousse, namely: whipping duration 6 min, shear rate gradient from 3 до 5,4 c⁻¹ at temperatures of 35...40 °C.

Key words: mousse technology, feijoa, rheological properties, effective viscosity, structural strength, adhesion, restaurant establishments.

JEL Classification: L66, O14

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-07>

Постановка проблеми. Однією із груп страв, що користуються великим попитом серед відвідувачів закладів ресторанного господарства в Україні – є збиті десерти. Асортиментний ряд цих десертів включає муси, сорбети, креми, суфле, парфе тощо. Стійка популярність збитих десертів зумовлена їхніми органолептичними характеристиками, значною часткою повітряної фази, зручністю споживання, високим ступенем засвоєння.

Збиті десерти, такі як муси являють собою піноподібну масу із цукристих речовин, піноутворювача й драглеутворювача, з додаванням фруктово-ягідної сировини, смакових добавок згідно з рецептурним складом. Технологія приготування мусу дає змогу ввести в їх рецептуру дієтичні добавки із місцевих і нетрадиційних видів сировини, збалансованих за вмістом біологічно-активних речовин й одержати десерт, високої харчової цінності із регульованими структурно-механічними й органолептичними показниками.

Муси відносяться до слабо структурованих дисперсних систем, які швидко руйнуються під дією механічних навантажень. Тому, при створенні нового асортименту збитих десертів, таких як муси, і механізації технологічного процесу їх виробництва, необхідно застосування нових видів сировини із структуроутворюючою здатністю для підвищення агрегативної стійкості збитих десертів.

Отже, розширення асортименту, підвищення якості та харчової цінності збитих десертів, у тому числі мусу, доцільно проводити шляхом введення в їх рецептури дієтичних добавок з нової плодово-ягідної сировини, такої як фейхоа, до складу якої входять цінні біологічно-активні речовини та структуроутворюючі сполуки.

Виробництво збитих десертів, у тому числі мусу, є складним для управління процесом, що потребує максимального аналізу всіх етапів виготовлення з жорстким контролем. Розширення й удосконалення їх виробництва вимагає пошуку раціональної технології, за рахунок скорочення тривалості технологічних стадій, у тому числі збивання та структуроутворення, скорочення енергоресурсів, підвищення стабільності системи і поліпшення якості готового продукту.

Дотримання чітко визначених параметрів технологічного процесу під час виробництва мусу – головний фактор отримання високоякісного готового продукту. Для управління якістю готової продукції необхідні дані структурно-механічних характеристик збитих десертних мас на різних технологічних стадіях виробництва мусу. Особливу увагу слід приділяти дослідженню реологічних характеристик десертних мас, отриманих із внесенням нових компонентів до їх рецептури.

Отже, для розробки технології мусу з використанням нової дієтичної добавки фейхоа, необхідно враховувати її вплив на реологічні характеристики десертних мас, які визначають їхню

технологічність, текстуру, якість та конкурентоспроможність отриманої продукції.

Тому, дослідження реологічних властивостей десертних мас для підвищення якості готового продукту, вдосконалення технології та підбору раціональних параметрів процесу виробництва мусу на сучасному устаткуванні, для ефективного впровадження розроблених технологій у виробництво закладів ресторанного господарства є актуальним завданням, яке потребує вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фейхоа є одним із перспективних видів сировини для приготування десертів з підвищеною харчовою цінністю. Адже ягоди фейхоа містять значну кількість біологічно-активних речовин: вітамін С (32...40 мг/100 г), вітаміни групи В (В₁, В₂, В₅, В₆), вітамін РР; мінеральні елементи – фосфор, залізо, магній, калій, кальцій, натрій, марганець, мідь та цинк [1]. Важливе значення для здорового харчування має те, що ягоди фейхоа є потужним джерелом йоду (80...89 мкг/100 г) та його синергісту селену (30 мкг/100 г) [33,34]. Так, в 100 г ягід фейхоа, міститься більше половини рекомендованої добової норми мікроелементної пари «йод і селен» (53,3 та 54,5%, відповідно) [2]. Йод в ягодах фейхоа знаходиться в водорозчинному стані, тому добре засвоюється організмом [3]. Фейхоа вважається «суперфруктом», що містить високий рівень біоактивних сполук, таких як фенольні сполуки, флавоноїди та каротиноїди, які показали порівнянну антиоксидантну здатність *in vitro* [4], та забезпечують його біологічну активність, таку як протимікробну, антиоксидантну, протизапальну, протидіабетичну та протиракову [5]. У шкірці плоду містяться біологічно активні речовини кахетін і лейкоантоцін, які є потужними антиоксидантами володіють профілактичну дію на онкологічні захворювання [4].

Характеризуються ягоди фейхоа великою кількістю пектину (1,5-2,5 г/100 г) [5, 7]. Під час розроблення технології структурованих десертів з нової сировини необхідно враховувати як збалансованість її хімічного складу, харчову цінність, оригінальні органолептичні показники так і її функціонально-технологічну придатність для отримання виробу із заданими структурно-механічними характеристиками. Найбільш універсальними структуроутворювачами у технологіях структурованих десертів зарекомендували себе пектини плодово-ягідної сировини. Пектини характеризуються гарною розчинністю в широкому діапазоні сухих речовин, стабільними та

контролюючими драглеутворюючими властивостями. Порівняно з агаром та желатином – пектин більш стійкий до впливу кислоти [8]. Це має особливо важливе значення для виробництва фруктових десертів, що протікають у кислому середовищі. За своєю здатністю до драглеутворення в умовах виробництва пектин сильніший у 5...8 разів від желатину [9].

Вважаємо, що при готуванні мусу доцільно використовувати сировину, що містить пектин, таку як фейхоа.

Низька калорійність фейхоа (49 кКал) дозволяє віднести цей продукт до дієтичних [10]. Шкірка та м'якоть фейхоа містять ароматну летку олію, яка має чудовий потенціал як ароматизатор для їжі [10]. До того ж, плоди фейхоа мають солодкий смак з пікантними пряними відтінками, тому розробка десертів на їх основі є логічною.

У процесі виробництва структурованих десертів, таких як муси спостерігаються деформації зсуву, що супроводжуються зміною швидкості зсуву й напруги зсуву, під час перемішування та збивання [11]. У всіх цих випадках проявляються особливі реологічні властивості харчових продуктів, що є неньютонівськими рідинами. Ці властивості неможливо не враховувати в ході вдосконалення процесів, розрахунку й проектування устаткування для виробництва мусів. Група основних показників, що визначаються в ході дослідження реологічних властивостей харчових продуктів, включає: граничну напругу зсуву, ефективну в'язкість, темп руйнування структури, адгезію.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження реологічних властивостей десертних мас із додаванням нової дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром для обґрунтування рецептури та технології мусу з фейхоа з метою отримання продукту високої якості.

Завдання досліджень:

- дослідити залежність ефективної в'язкості мусу від швидкості зсуву і кількості добавки фейхоа та криві плинності десертних мас для обґрунтування кількості добавки фейхоа в рецептурі та визначення раціональних технологічних параметрів приготування мусу з фейхоа на стадії збивання;

- визначити вплив добавки фейхоа на структурну міцність десертних мас та визначити тривалість збивання десертної маси для отримання мусу із стабільною структурою;

- дослідити вплив добавки фейхоа на адгезійну міцність маси мусу на стадіях вистоювання та формування десерту.

Для виробництва нових дієтичних добавок використовували ягоди фейхоа сорту «Андре», які відповідали вимогам ДСТУ 4640:2006 [12]. У розробці рецептурної композиції й технології мусу з фейхоа в якості прототипу було обрано рецептуру солодкої страви № 965 «Мус лимонний» [13], який готували з цукро-желейного сиропу з додаванням лимонного соку за класичною технологією. Були розроблені рецептурні композиції мусу, які містили пюре фейхоа з цукром в кількості: 15 %, 20 % та 25 % до маси готового продукту. Дослідження реологічних властивостей десертних мас були проведені на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Ротаційний метод [14] ґрунтується на вимірюванні в'язкості матеріалу, який поміщають між двома одночасними поверхнями й піддають деформації зсуву. Дослідження граничної напруги зсуву десертних мас були проведені на пенетрометрі АР-4/1 [15]. Визначення адгезійних властивостей досліджуваних мас проводили на адгезиметрі розробленому в ОНТУ. Метод заснований на відриві пластини, виготовленої з того чи іншого конструкційного матеріалу, від харчової маси. та характеризує питоме зусилля по руйнуванню адгезійного контакту.

Виклад основного матеріалу. Важливим реологічним показником десертних мас, в т. ч. мусів є в'язкість. В'язкість цих продуктів, що обумовлена утворенням внутрішніх структур, відрізняється від істинної в'язкості ньютонівських рідин. При течії неньютоновських рідин в'язкість зале-

жить від напруги зсуву та градієнту швидкості. Тому нами було досліджено ефективну в'язкість мусів, що характеризуватиме рівноважний стан між процесами відновлення та руйнування структури в установленому потоці. Цей показник, обумовлений силами зчеплення між молекулами, що характеризує опірність маси її течії під дією зовнішніх сил і залежить від багатьох факторів, таких як вміст сухих речовин, склад та співвідношення рецептурних компонентів, температура та ін. [16]. У зв'язку з цим вивчено вплив зміни рецептурного складу мусу на в'язкість досліджуваних зразків.

Оскільки температура це фактор, який в найбільшій мірі впливає на плинність термічно нестійких десертних мас, то температурні режими вивчення в'язкості обрані відповідно до технологічних параметрів процесу збивання мусу, а саме при температурі 35...40 °С.

Результати дослідження залежності ефективної в'язкості мусу від швидкості зсуву (рис. 1) показали, що характер реограм свідчить про псевдопластичність всіх досліджуваних зразків десертних мас, в'язкість яких є характеристикою рівноважного стану між процесом руйнування та відновлення. Як контрольний, так і досліджувані зразки мусу характеризуються досить високим ступенем структурування, а, отже, і найбільшою в'язкістю в області малої напруги зсуву від 1,8 до 5,4 с⁻¹. У міру збільшення швидкості зсуву внаслідок руйнування структури

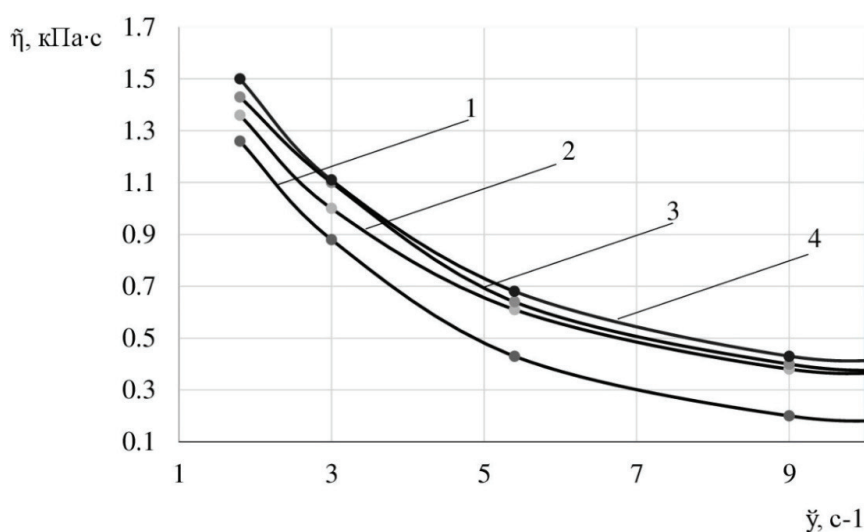


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості η , кПа·с мусу від швидкості зсуу $\dot{\gamma}$, с⁻¹ та кількості добавки фейхоа:

1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

десертних мас спостерігається перехід від стадії течії до руйнування. При швидкості зсуву від 9 c^{-1} й вище відбувається руйнування просторового каркасу досліджуваної системи.

Встановлено, що з додаванням добавок фейхоа у десертні маси збільшується їх ефективна в'язкість. Так, при градієнті швидкості зсуву $1,8 \text{ c}^{-1}$ ефективна в'язкість у контрольному зразку мусу складала $1,262 \text{ кПа}\cdot\text{с}$, а у зразках мусу з добавками фейхоа у кількості 15, 20 та 25 % відповідно – $1,371$, $1,453$ та $1,504 \text{ кПа}\cdot\text{с}$. Такий характер змінень значень ефективної в'язкості мусу з додаванням фейхоа можна пояснити різною енергією зв'язку частинок у коагуляційних контактах, яка залежить від природи речовини дисперсної фази й дисперсійного середовища, енергетичних умов коагуляції [17]. Збільшення ефективної в'язкості мусу із фейхоа може бути пояснена природою дисперсної фази, а саме добавки з фейхоа, яка характеризується неоднорідністю частинок структури: розмір частинок в пюре фейхоа з цукром коливається в межах від $0,1 \dots 0,4 \text{ мм}$. Крім того, із введенням добавки фейхоа у мус вносяться пектини, які є гідроколомідами і утворюють в'язкі розчини [18].

Під час реологічних досліджень важливе значення має отримання кривих плинності, які характеризують властивості плинності харчових мас під час зсуву. Приведені на рис. 2 криві плинності мусу з фейхоа свідчать про те, що з підвищенням швидкості зсуву напруження зсуву зростає як для мусу з добав-

ками фейхоа, так і без них. Як видно з рис. 2, залежність напруження зсуву від швидкості зсуву має нелінійний характер, отже, досліджувані десертні маси відносяться до структурованих (неньютонівських) рідин, що мають пластичний тип плинності та незначні тиксопропні властивості [19]. Аномалія в'язкості таких систем пов'язана зі структурою рідини та її змінами під час течії: при малих швидкостях зсуву структура руйнується й повністю відновлюється, з підвищенням швидкості, руйнування структури починає переважати над відновленням – структура повністю руйнується [20].

На підставі отриманих даних (рис. 1, 2) можна зробити висновок, що для отримання структурованої консистенції мусу з фейхоа буде ефективним проводити процес збивання в областях градієнту швидкості зсуву від 3 до $5,4 \text{ c}^{-1}$, при яких не відбувається руйнування структури цього десерту.

Таким чином, встановлений рекомендований вміст дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром у рецептурі мусу, а саме: 20 % до маси готового продукту. Рациональними технологічними параметрами приготування мусу з фейхоа на стадії збивання визначені такі: тривалість збивання 6 хв за температур $35 \dots 40^\circ\text{C}$.

Значна частка повітряної фази і, як наслідок, висока пористість мусу, досягається збиванням до стану стійкої піни. Якість кінцевого продукту в значній мірі визначається якістю піни, тому

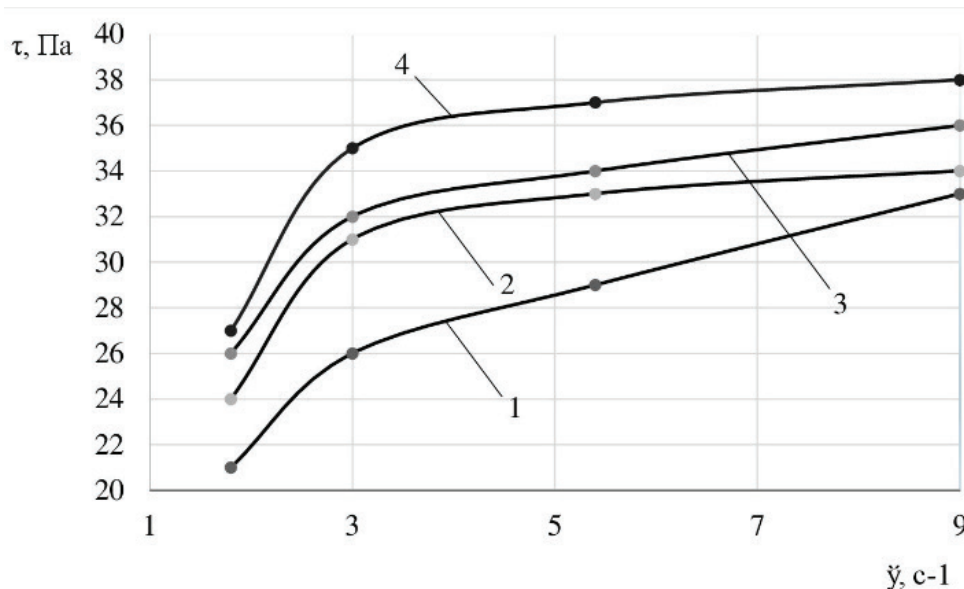


Рис. 2. Криві плинності мусу:
1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

питання поліпшення реологічних характеристик піни, таких як гранична напруга зсуву, що характеризує міцність структури, приділяється підвищена увага. Для отримання пишної, насиченої повітрям консистенції десертну масу збивали при таких режимах: температура маси 35...40 °С; тривалість збивання – 2...8 хв; швидкість обертання робочого органу збивальної машини – 400...500 об/хв.

Дані залежності граничної напруги зсуву мусу від тривалості збивання та кількості добавки фейхоа представлені на рисунку 3.

Результати дослідження показника граничної напруги зсуву мусу (рис. 3) свідчать про підвищення структурної міцності мусу із додаванням добавки фейхоа. Так, на початку збивання, величина показника граничної напруги зсуву мусу у контрольному зразку мусу складала 211 Па, а у зразках мусу з добавками фейхоа у кількості 15, 20 та 25 % відповідно – 246, 288 та 319 Па. Підвищення міцності десертних мас із додаванням добавок фейхоа у 1,5 рази може бути пояснена тим, що по-перше в хімічний склад добавки входять високомолекулярний полімер – пектин, який здатний зміцнювати структуру мас. По-друге, зростання показника граничної напруги зсуву мусу з фейхоа може бути обумовлено тим, що при додаванні добавки фейхоа у масу вносяться сухі речовини, отже, вологість продукту знижується. По-третє, стійкість структур визначається насамперед виникненням контактів між частинками дисперсної фази. При цьому сила зчеплення в контактах повинна бути достатньою, щоб

виключити седиментацію частинок під впливом на них сили тяжіння та руйнування структурної сітки внаслідок деформацій. Енергія зв'язку частинок у коагуляційних контактах залежить від природи речовини дисперсної фази та дисперсійного середовища, та відображена у «правилі різниці полярностей», сформульованим академіком П.А. Ребіндером [21]. Ймовірно, що введення добавок фейхоа в мус зумовлює високу різницю полярностей між дисперсною середовищем та дисперсійною фазою, що призводить до утворення коагуляційної структури мусу і відповідно, до збільшення значення показника граничної напруги зсуву.

Унаслідок аналізу експериментальних даних встановлено, що загальною тенденцією для досліджуваних модельних систем є зниження показника граничної напруги зсуву мусу під час збивання протягом 2...8 хв. Так, при збиванні дослідних зразків мусу на протязі 6 хв гранична напруга зсуву знижується для контрольного зразка у 2 рази, для зразків мусу з 15, 20 та 25 % добавки фейхоа відповідно у 2,2; 2,4 та 2,6 рази. Об'ємна концентрація повітря, досягнувши максимального значення, незначний час залишається постійною. Подальше збивання на протязі 8 хв призводить до зменшення обсягу піни та значного зменшення показника граничної напруги зсуву, що свідчить про руйнування структури мас. Це є підґрунтям для рекомендації раціональної тривалості збивання – 6 хв. При цих режимах технологічної обробки та вмісті дієтичної добавки фейхоа отримано мус з значенням показ-

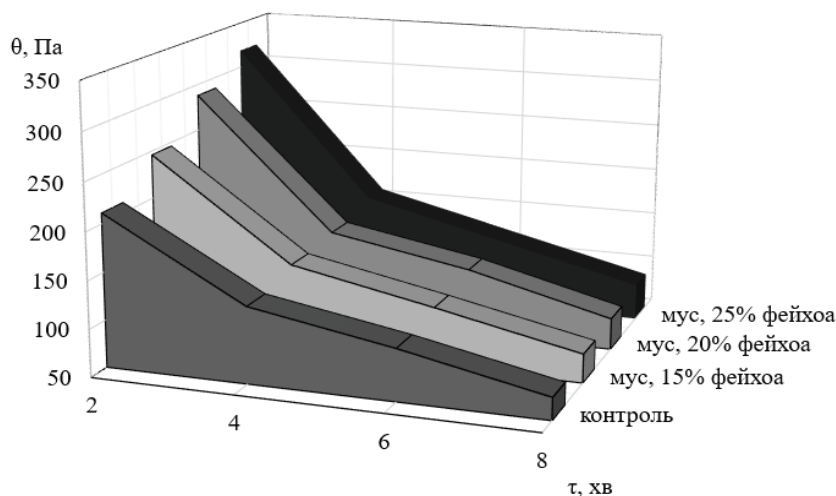


Рис. 3. Залежність граничної напруги зсуву θ , Па мусу від тривалості збивання τ , хв та кількості добавки фейхоа

ника граничної напруги зсуву – 121 кПа, що відповідає нормованому, для отримання найбільш пишної, дрібнодисперсної структури, і водночас, стабільної, а отже, з поліпшеними характеристиками консистенції.

Також у роботі проведено дослідження впливу дієтичної добавки фейхоа на адгезійну міцність маси мусу. Поверхневі реологічні властивості харчових продуктів проявляються на поверхні продукту під час контакту його з яким небудь іншим тілом. Адгезія належить до поверхневих явищ і визначає зв'язок харчових мас із поверхнями технологічного обладнання і виступає як відповідне явище по відношенню практично до всіх харчових мас. Величина адгезії залежить не лише від фізичних властивостей маси, але й від огорожувальної поверхні, її природи, чистоти обробки, часу контакту з огорожувальною поверхнею, масової частки добавки [11].

У виробництві структурованих десертів, таких як мус поверхневі властивості проявляються найчастіше під час адгезійно-когезійної взаємодії десертної маси із поверхнею матеріалу форми під час вистоювання до застигання.

В якості огорожувальної поверхні під час визначення адгезійної міцності на адгезіометрі використовували пластину з прогумованою поверхнею. Температура адгезиву і субстрату становила 20 ± 2 °С, тривалість контакту від 1 до 5 хв. Досліджено залежність адгезійної напруги від часу вистоювання зразків мусу з різною масовою часткою добавки фейхоа (рис. 4).

Адгезійна міцність всіх зразків з плином часу збільшуються. Із наведених даних видно, що із збільшенням відсоткового вмісту добавки фейхоа відбувається зменшення питомої сили відриву. Так, при контакті десертної маси з огорожувальною поверхнею на протязі 1 хв питома сила відриву для контрольного зразка без добавки фейхоа складала 195 Па, а з додаванням 15, 20 та 25% добавки фейхоа складала відповідно 148, 105 та 82 Па., тобто адгезія зменшилась з підвищенням вмісту добавки фейхоа до 25% у порівнянні з контрольним зразком у 2,4 рази. Це може бути пояснена тим, що добавка фейхоа містить компоненти (пектин, клітковина), які зміцнюють структуру мусу. Дієтична добавка фейхоа сприяє більш швидкому утворенню більш міцної структури десерту, що призводить до скорочення технологічного процесу виробництва мусу, зокрема тривалості вистоювання десерту до застигання. Зменшення адгезійної міцності десертних мас із введенням добавки фейхоа свідчить про покращення адгезійних властивостей десертних мас необхідних на стадії формування мусу, що забезпечує мінімальне прилипання десертної маси до поверхонь робочих органів обладнання та форм.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. На підставі проведених досліджень реологічних властивостей десертних мас встановлений рекомендований вміст добавки – пюре фейхоа з цукром у рецептурі мусу, а саме: 20 % до маси готового продукту.

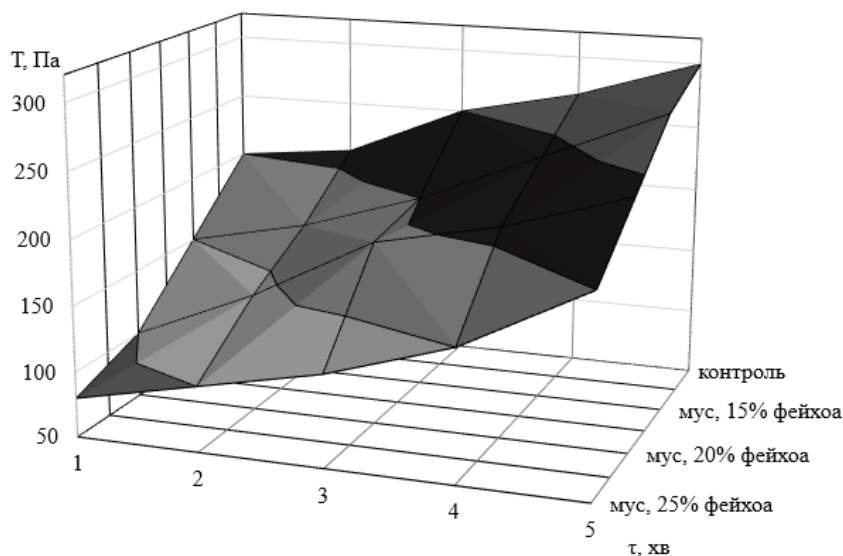


Рис. 4. Залежність питомої сили відриву – Т, Па мусу від кількості добавки фейхоа та тривалості попереднього контакту т, хв з огорожувальною поверхнею

Визначено, що раціональними технологічними параметрами приготування мусу з фейхоа на стадії збивання визначені такі: тривалість збивання 60 хв, градієнт швидкості зсуву від 3 до 5,4 с⁻¹ за температур 35...40 °С. При цих режимах технологічної обробки та вмісті дієтичної добавки фейхоа отримано мус з значенням показника граничної напруги зсуву – 121 кПа, що відповідає нормованому, для отримання найбільш пишної, дрібнодисперсної структури, і водночас, стабільної, а отже, з поліпшеними характеристиками консистенції.

Показано, що з додаванням 20 % добавки фейхоа питома сила відриву при контакті десертної маси з огорожувальною поверхнею на протязі 1 хв зменшилась у порівнянні з контрольним зразком у 2 рази. Що свідчить про покращення адгезійних властивостей десертних мас необхідних на стадії формування мусу, дієтична добавка фейхоа сприяє більш швидкому утворенню більш міцної структури десерту, що призводить до скорочення технологічного процесу виробництва мусу, зокрема тривалості вистоювання десерту до застигання.

Отримані дані дозволили обґрунтувати рецептуру та технологію мусу з добавкою фейхоа та рекомендувати її до впровадження у заклади ресторанного господарства.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі полягають у оптимізації рецептури мусу з дієтичною добавкою фейхоа з метою збалансування її хімічного складу із застосуванням методу математичного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F. D. Agromomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. *Scientia Horticulturae*. 2015. 191(6), P. 1–9. DOI:10.1016/j.scienta.2015.04.036
2. Калугіна І. М., Дзюба Н. А., Дубина А. А. Технологія солодких страв із використанням дієтичних добавок для закладів ресторанного господарства. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2023. Том 6. №1. С. 110–124. DOI: 10.31866/2616-7468.6.1.2023.278475
3. Pedro Henrique Santos, Joana Costa Kammers, Ana Paula Silva. Antioxidant and antibacterial compounds from feijoa leaf extracts obtained by pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 344, 15 May, P. 128620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128620>Get rights and content
4. Júlia dos Santos Opuski de Almeida, Caroline O. Dias, Nathalia D.A. Arriola. Feijoa (Acca sellowiana) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. *Food Bioscience*. 2020. Vol. 38, December 2020. P. 100789. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100789>
5. Larissa De Bona Gambin, Matheus Cavali, Aline Perin Dresch. Phenolic compounds from feijoa (Acca sellowiana) fruits: Ultrasound-assisted extraction and antiproliferative effect on cutaneous melanoma cells (SK-MEL-28). *Food Bioscience*. 2023. Vol. 55, October 2023. P. 103078. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103078>
6. Zuoyi Zhu, Xinyue Song, Jiarong Yao. Structural characteristics, functional properties, antioxidant and hypoglycemic activities of pectins from feijoa (Acca sellowiana) peel. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 428, 1 December 2023. P. 136819. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136819>
7. Zuoyi Zhu, Xinyue Song, Jiarong Yao. In vitro gastrointestinal digestion and fecal fermentation behaviors of pectin from feijoa (Acca sellowiana) peel and its impact on gut microbiota. *Food Research International*. 2024. Vol. 197, Part 2, December 2024. P. 115301. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115301>
8. Abid M., Cheikhrouhou S., Renard C., Bureau S., Ayadi M.A. Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 215(1), P. 318–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.181
9. Chronakis I. S., Kasapis S., Abeysekera R. Structural properties of gelatin–pectin gels. Part I: Effect of ethylene glycol. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 11(3). P. 271–279. [https://doi.org/10.1016/s0268-005x\(97\)80056-2](https://doi.org/10.1016/s0268-005x(97)80056-2)
10. Fabiana Mortimer Amaral, Alice Nogueira Novaes Southgate, Roberto Akitoshi Komatsu. Acca sellowiana: Physical-chemical-sensorial characterization and gastronomic potentialities. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2019. Vol. 17, October 2019. P. 100159. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100159>
11. Коркач Г. В., Павловський С. В., Боровик І. О. Зміна структурно-реологічних властивостей зефіру з синбіотичним комплексом. *Харчова наука і технологія*. 2014. 1(26). С. 63–67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khntit_2014_1_15
12. ДСТУ 7183:2010. Плоди субтропічних культур свіжі. Технічні умови. Київ, 2010. 27 с.
13. Здобнов О. І., Циганенко В. А. Збірник рецептур страв та кулінарних виробів: Для підприємств громадського харчування. Київ: ТОВ "Видавництво Арії", 2009. 680 с.
14. Anandha Rao M. Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications. Springer-Verlag US, 2007. 482 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7>
15. Черевко О. І., Михайлов В. М., Маяк В. І., Маяк О. А. Реологія в процесах виробництва харчових продуктів: навч. посібник: у 2 ч. Ч. 1. Класи-

фікація та характеристика неньютонівських рідин. X.: ХДУХТ, 2014. 244 с.

16. Iorgacheva E. G., Makarova O. V., Avetisyan K. V. Regulation of structural and rheological properties of jelly and whipped masses for two-layer marmalade. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 2. № 12 (68). P. 122–127. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23380>

17. Goralchuk A., Grinchenko O., Riabets O., Kotlyar O. Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*. 2019. № 8 (4). P. 699–732. doi: 10.24263/2304-974X-2019-8-4-4

18. Sokolovska I. O., Kambulova J. V., Overchuk N. O. Study of the water binding in the gel systems of pectin and sodium alginate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2. № 11 (80). P. 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65746>

19. Половко Н. П., Башура А. О., Башура О. Г. Дослідження гелів гуарової камеді. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2012. №2 (9). С.91–93. http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5357/1/ap_2012_2.pdf

20. Ofoli R. Y., Morgan R. G., Steffe J. F. A generalized rheological model for inelastic fluid foods. *Journal of Texture Studies*. January 2007. № 18 (3). P. 213–230. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1987.tb00899.x>

21. Каліновська Т. В., Оболкіна В. І. Застосування комбінованих білків та гідрокооллоїдів при створенні збивних цукеркових мас. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2014. 2/12 (68). С. 113–121. DOI: 10.15587/1729-4061

REFERENCES:

1. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F. D. Agromomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. *Scientia Horticulturae*. 2015. 191(6), P. 1–9. DOI:10.1016/j.scienta.2015.04.036

2. Kaluhina I. M., Dziuba N. A., Dubyna A. A. Tekhnolohiia solodkykh strav iz vykorystanniam diietychnykh dobavok dlia zakladiv restorannoho hospodarstva. *Restoranni i hotelnyi konsal'tynh. Innovatsii*. 2023. Tom 6. №1. S. 110–124. DOI: 10.31866/2616-7468.6.1.2023.278475

3. Pedro Henrique Santos, Joana Costa Kammers, Ana Paula Silva. Antioxidant and antibacterial compounds from feijoa leaf extracts obtained by pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 344, 15 May, P. 128620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128620>Get rights and content

4. Júlia dos Santos Opuski de Almeida, Caroline O. Dias, Nathalia D.A. Arriola. Feijoa (Acca sellowiana) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. *Food Bioscience*. 2020.

Vol. 38, December 2020. P. 100789. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100789>

5. Larissa De Bona Gambin, Matheus Cavali, Aline Perin Dresch. Phenolic compounds from feijoa (Acca sellowiana) fruits: Ultrasound-assisted extraction and antiproliferative effect on cutaneous melanoma cells (SK-MEL-28). *Food Bioscience*. 2023. Vol. 55, October 2023. P. 103078. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103078>

6. Zuoyi Zhu, Xinyue Song, Jiarong Yao. Structural characteristics, functional properties, antioxidant and hypoglycemic activities of pectins from feijoa (Acca sellowiana) peel. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 428, 1 December 2023. P. 136819. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136819>

7. Zuoyi Zhu, Xinyue Song, Jiarong Yao. In vitro gastrointestinal digestion and fecal fermentation behaviors of pectin from feijoa (Acca sellowiana) peel and its impact on gut microbiota. *Food Research International*. 2024. Vol. 197, Part 2, December 2024. P. 115301. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115301>

8. Abid M., Cheikhrouhou S., Renard C., Bureau S., Ayadi M.A. Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 215(1), P. 318–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.181

9. Chronakis I. S., Kasapis S., Abeysekera R. Structural properties of gelatin-pectin gels. Part I: Effect of ethylene glycol. *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 11(3). P. 271–279. [https://doi.org/10.1016/s0268-005x\(97\)80056-2](https://doi.org/10.1016/s0268-005x(97)80056-2)

10. Fabiana Mortimer Amaral, Alice Nogueira Novaes Southgate, Roberto Akitoshi Komatsu. Acca sellowiana: Physical-chemical-sensorial characterization and gastronomic potentialities. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2019. Vol. 17, October 2019. P. 100159. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100159>

11. Korkach H.V., Pavlovskiy S.V., Borovyk I.O. Zmina strukturno-reolohichnykh vlastyvostei zefiru z synbiotychnym kompleksom. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. 2014. 1(26). S. 63–67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_15

12. DSTU 7183:2010. Plody subtropichnykh kultur svizhi. Tekhnichni umovy. Kyiv, 2010. 27 s.

13. Zdobnov O. I., Tsyhanenko V. A. Zbirnyk retseptur strav ta kulinar-nykh vyrobiv: Dlia pidpriemstv hromadskoho kharchuvannia. Kyiv: TOV "Vydavnytstvo Aarii", 2009. 680 s. Anandha Rao M. Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications. Springer-Verlag US, 2007. 482 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7>

14. Anandha Rao M. Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications. Springer-Verlag US, 2007. 482 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7>

15. Cherevko O. I., Mykhailov V. M., Maiak V. I., Maiak O. A. Reolohiia v protsesakh vyrobnytstva kharchovykh produktiv: navch. posibnyk: u 2 ch. Ch. 1. Klasyfikatsiia ta kharakterystyka neniutonivskykh ridyn. Kh.: KhDUKhT, 2014. 244 s.
16. Iorgacheva E. G., Makarova O. V., Avetisyan K. V. Regulation of structural and rheological properties of jelly and whipped masses for two-layer marmalade. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 2. № 12 (68). P. 122–127. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23380>
17. Goralchuk A., Grinchenko O., Riabets O., Kotlyar O. Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*. 2019. № 8 (4). P. 699–732. doi: 10.24263/2304-974X-2019-8-4-4
18. Sokolovska I. O., Kambulova J. V., Overchuk N. O. Study of the water binding in the gel systems of pectin and sodium alginate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2. № 11 (80). P. 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65746>
19. Polovko N.P., Bashura A. O., Bashura O. H. Doslidzhennia heliv hu-arovoi kamedy. Aktualni pytannia farmatsevtichnoi i medychnoi nauky ta praktyky. 2012. №2 (9). S.91–93. http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5357/1/ap_2012_2.pdf
20. Ofoli R. Y., Morgan R. G. Steffe J. F. A generalized rheological model for inelastic fluid foods. *Journal of Texture Studies*. January 2007. № 18 (3). P. 213–230. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1987.tb00899.x>
21. Kalinovska T.V., Obolkina V.I. Zastosuvannia kombinovanykh bilkiv ta hidrokolloidiv pry stvorenni zbyvnykh tsukerkovykh mas. Skhidno-yevropeyskyi zhurnalпередовykh tekhnolohii. 2014. 2/12 (68). S. 113–121. DOI: 10.15587/1729-4061
- Стаття надійшла до редакції
18 березня 2025 року*

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.76

Данилюк І. П.,

cherer_inna@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3407-8813, Researcher ID: ASUA/1467729,

к. т. н., доцент кафедри харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного сервісу, Чернівецький торговельно-економічний інститут Державного торговельно-економічного університету, м. Чернівці

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКУ ІЗ *ATHERINA PONTICA* ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БОРОШНЯНИХ СУМІШАХ

Анотація. Одним із шляхів оптимізації технологічного процесу виробництва борошняних страв та виробів є моделювання багатокомпонентного складу борошняних сумішей з використанням нетрадиційної сировини рослинного та тваринного походження. Проте, внесення таких функціональних інгредієнтів, супроводжуються структурно-механічними властивостями тіста та можуть призводити до зниження якості борошняних виробів та страв. Тому, дослідження функціонально-технологічних властивостей порошку із *Atherina pontica* та визначення можливості його подальшого використання у складі композитних борошняних сумішей є важливим завданням.

Метою роботи є дослідження функціонально-технологічних властивостей порошку із *Atherina pontica* та визначення можливості його використання у складі композитних борошняних сумішей. Завданням роботи стало визначення: дисперсності порошку *Atherina pontica*, коефіцієнта водопоглинання, водопоглинальної та жируотримуючої здатності порошків із *Atherina pontica* різних фракцій, адже дані показники у технологічному процесі тістоутворення відіграють важливу роль.

Отримані результати дослідження дозволили визначити дисперсність порошку *Atherina pontica*: фракція 50-100 мкм становить 17,5% від загальної кількості, 15-30 мкм – 28,8%, 50-30 мкм – 48,2%, відсоток порошку більшого розміру – незначний і становить 5,5%. Досліджено коефіцієнт водопоглинання, у порошку *Atherina pontica* з вологістю $7,0 \pm 0,5\%$, за різних температур та встановлено, що при температурі від 35 °C показники водопоглинання збільшується та підтверджує покращені регідратаційні властивості, а також це можна пояснити здатністю білків порошку *A. pontica* утримувати вологу за різних температур, що є важливим під час технологічного процесу тістоутворення.

Встановлено, що водоутримувальна здатність на 21%, жируотримувальна здатність порошку на 9,9% нижчі, ніж борошна пшеничного вищого сорту, а водопоглинальна здатність на 80% вища, що викликає необхідність корегування рецептурного складу прісного тіста для борошняних кулінарних виробів.

Ключові слова: борошняна суміш, порошок *Atherina pontica*, водопоглинальна здатність, коефіцієнт водопоглинання, дисперсність.

Danyliuk I. P.,

cherep_inna@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3407-8813, Researcher ID: ASUA/1467729

Ph.D., Associate Professor at the Department of Food Technologies, Hotel-Restaurant and Tourist Service, Chernivtsi Institute of Trade and Economics, State University of Trade and Economics, Chernivtsi

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF *ATHERINA PONTICA* POWDER FOR USE IN FLOUR MIXTURES

Abstract. One of the ways to optimize the technological process of producing flour dishes and products is to model the multicomponent composition of flour mixtures using non-traditional raw materials of plant and animal origin. However, the introduction of such functional ingredients is accompanied by structural and mechanical properties of the dough and can lead to a decrease in the quality of flour products and dishes. Therefore, the study of the functional and technological properties of *Atherina pontica* powder and determining the possibility of its further use in composite flour mixtures is an important task.

The purpose of the work is to study the functional and technological properties of *Atherina pontica* powder and determining the possibility of its use in composite flour mixtures. The task of the work was to determine: the dispersion of *Atherina pontica* powder; the water absorption coefficient, the water absorption and fat-retaining capacity of *Atherina pontica* powders of different fractions, because these indicators play an important role in the technological process of dough formation.

The obtained results of the study allowed us to determine the dispersion of *Atherina pontica* powder: the fraction of 50-100 microns is 17.5% of the total, 15-30 microns – 28.8%, 50-30 microns – 48.2%, the percentage of larger powder is insignificant and is 5.5%. The water absorption coefficient of *Atherina pontica* powder with a humidity of $7.0 \pm 0.5\%$ was studied at different temperatures and it was found that at a temperature of 35°C the water absorption indicators increase and confirm the improved rehydration properties, and this can also be explained by the ability of *A. pontica* powder proteins to retain moisture at different temperatures, which is important during the technological process of dough formation.

It was found that the water-holding capacity of the powder is 21% lower, the fat-holding capacity is 9.9% lower than that of premium wheat flour, and the water-absorbing capacity is 80% higher, which necessitates adjusting the recipe composition of unleavened dough for flour culinary products.

Key words: flour mixture, *Atherina pontica* powder, water absorption capacity, water absorption coefficient, dispersity.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-08>

Постановка проблеми. Вибір функціональних інгредієнтів для борошняних кулінарних виробів та страв є вкрай важливим, адже їх раціональне співвідношення дозволяє оптимізувати технологічний процес виробництва.

Внесення до технологій нетрадиційної сировини призводить до структурно-механічних змін тіста, що потребує попередніх досліджень та пошуку шляхів їх технологічного покращення.

Використання порошку із *Atherina pontica* у складі композитних борошняних сумішей, який характеризується значно більшою харчовою цінністю ніж традиційні компоненти тіста, впливає на фізико-хімічні показники тіста, адже він не містить клейковини, яка необхідна для структурно-механічних властивостей тіста та формування якісних борошняних кулінарних виробів. Тому, є необхідність в дослідженні функціо-

нально-технологічних інгредієнтів композитних борошняних сумішей та визначенні їх оптимальної концентрації для борошняних кулінарних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження з розробки багатокомпонентного складу борошняних сумішей для виготовлення хлібобулочних, кулінарних та кондитерських виробів активно вивчається такими вченими, як: Дорохович В.В., Дробот В.І., Кравченко М.Ф., Самохвалова О.В, Паска М. З., Федорова Д.В. [1-5]

Науковцями [6] досліджено вплив пшеничного борошна вищого сорту, борошна з пророщеного зерна пшениці та порошку кербу сорту Tylliria на функціонально-технологічні властивості борошняних сумішей та визначено технологічну придатність їх для різних видів кондитерського тіста.

Герасимчук О. П. та Костецька К.В. розроблено борошняну композитну суміш на основі борошна вівсяного з додаванням порошків з висушених ягід брусниці та насіння пажитника і досліджено її якість у технологіях хліба. [7]

Крошко О.С. розроблено технології виробництва борошняних сумішей підвищеної харчової цінності. Харчову цінність хлібопекарського борошна поліпшено шляхом формування композиційних сумішей з борошна різних зернових культур, зокрема круп'яних культур у складі двокомпонентних композиційних сумішей (не більше 10-15%), тритикалевого борошна (20-30%). [8]

Авторами [9] досліджено властивості окремих видів борошна та багатокомпонентних сумішей на його основі. Розроблено купажі з додаванням кокосового, льняного, кунжутного борошна, що мають високу вологоутримуючу здатність та встановлена можливість створення купажів борошна з прогнозованою величиною показника вологоутримуючої здатності.

Постановка завдання. Аналіз літературних джерел свідчить що розробка оптимізованих композитних борошняних сумішей з використанням нетрадиційної сировини тваринного та рослинного походження є актуальним завданням у сфері харчових технологій. Проте, внесення такої сировини має вплив на технологічні показники тіста, які важливі для якості виробів із нього. Тому, метою роботи є дослідження функціонально-технологічних властивостей порошку із *Atherina pontica* та визначення можливості його використання у складі композитних борошняних сумішей.

Для досягнення мети потрібно визначити: дисперсність порошку; коефіцієнт водопоглинання, водопоглинальну та жирутримуючу здатності порошків із *Atherina pontica* різних фракцій.

Предмет дослідження – борошно пшеничне вищого сорту (контроль, ГСТУ 46.004-99), порошок *Atherina pontica* (ТУ У 10.2-3262218369-001:2017), висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 602-123-20-2/40280 від 26.12.2017 р.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Використання ресурсозберігаючих технологій дало змогу забезпечити переробку вітчизняної риби другорядного промислового значення – *Atherina pontica* (атерина чорноморська, далі *A. pontica*). На основі попередніх досліджень, шляхом конвективного сушіння подрібненої рибної маси з *A. pontica* розроблено технологію

порошку, яка передбачає виконання таких основних операцій: отримання подрібненої рибної маси, сушіння до залишкового вмісту води $7,0 \pm 0,5\%$, подрібнення, просіювання [10].

Сушіння подрібненої рибної маси із *A. pontica*, з метою отримання порошку, дало змогу зменшити її об'ємну масу, яка становить 358 кг/м^3 , що дозволило на харчових підприємствах скоротити складські площі приміщень для зберігання сировини.

Отриману сушену масу піддавали подрібненню до порошкоподібного стану (розмелювальний механізм Clatronic KSW 3307: потужність двигуна 250 W, швидкість обертання ножа 800 об./хв.), проведено дослідження по визначенню дисперсності порошку (табл. 1) шляхом поділу на фракції за допомогою набору сит.

Таблиця 1

Фракційний склад порошку *A. pontica* (на 100 г порошку)

Розмір фракцій, мкм	Частка, %
> 150	0,1
150-100	5,4
100-50	17,5
50-30	48,2
15-30	28,8

Як видно з табл. 1 зразок порошку *A. pontica* переважно складається з однорідних дрібненьких часточок розміру 30-50 мкм кількість яких становить 48,2%, вміст часточок малого розміру – 15–30 мкм – 28,8%, фракції 50-100 мкм – 17,5%. Відсоток порошку більшого розміру – незначний і становить 5,5%, який повторно можна піддати додатковому подрібненню та просіюванню з метою отримання менших часточок.

Встановлено, що середній діаметр часточок порошку *A. pontica* становить 30 – 50 мкм, що характеризує його, як добавку для використання в різних технологіях кулінарної продукції, зокрема для створення композитних борошняних сумішей, адже розмір відповідає часточкам традиційного пшеничного борошна та не виділяється із загального об'єму композитної борошняної суміші.

За рахунок низького вмісту води ($7,0 \pm 0,5\%$) у сушеному порошку спостерігається покращення його гідратаційної здатності. Тому, враховуючи, що порошок із *A. pontica* планується використовувати у складі борошняних сумішей для приготування борошняних кулінарних виробів та страв, одним із етапів досліджень стало визначення коефіцієнта водопоглинання.

Відновлення проводили у воді за температур 22 °С, 35 °С, та 55 °С, дані температурні режими для відновлювання було обрано з огляду на технологічні аспекти приготування страв та кулінарних виробів. Для дослідження було обрано зразки наступних фракцій: 15 – 30 мкм (зразок 1), 50-30 мкм (2 зразок), 50-100 (3 зразок) (рис. 1).

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що з підвищенням температури води для відновлення порошків *A. pontica* різних фракцій, значення коефіцієнта водопоглинання збільшується, що свідчить про покращання його регідратаційних здатностей при температурі від 35 °С, також це можна пояснити здатністю білків порошку *A. pontica* утримувати вологу за різних температур, що є важливим під час технологічного процесу тістоутворення.

У зв'язку з тим, що передбачається використання порошку із *A. pontica* у технологіях борошняних кулінарних виробів, то важливим було дослідити такі фізико-хімічні показники, як водопоглинальна та жирутримуюча здатності порошку *A. pontica*, адже дані показники у технологічному процесі тістоутворення відіграють

важливу роль. Одержані результати функціонально-технологічних властивостей порошку із *A. pontica* представлені в таблиці 2.

Під час проведення дослідження за величину водопоглинальної здатності взято кількість поглинутої води у відсотках до загального обсягу внесеної під час гідратації води ($t_{\text{води}} = 22 \pm 1$ °С). Жирутримуюча здатність порошку *A. pontica* характеризує здатність його абсорбувати і утримувати жир.

Аналізуючи результати дослідження можна зробити висновок, що часточки порошку меншого розміру краще поглинають воду при їх гідратації ніж більшого розміру. Як видно з табл. 2 водопоглинальна здатність порошку *A. pontica* у 2,1-1,7 рази більша ніж борошна вищого сорту, що в подальшому потребуватиме корегування рецептурного складу борошняних виробів із використанням порошку *A. pontica*.

Отримані результати дослідження жирутримуючої здатності дали змогу з'ясувати, що порошок *A. pontica* добре зв'язує та утримує жир, зразки 1 та 2 навіть краще, ніж борошно пшеничне вищого сорту, що обумовлено більш тонким помелом та структурою порошку.

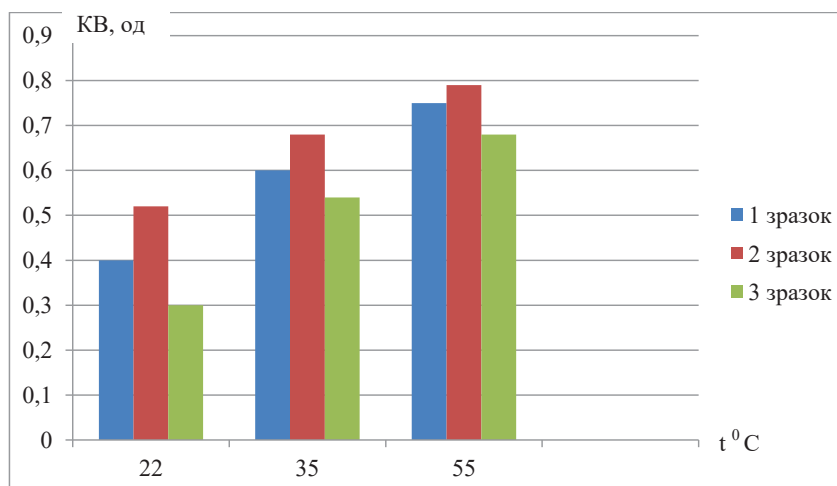


Рис. 1. Коефіцієнт водопоглинання порошків із *A. pontica* залежно від температури води

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники порошку із *A. pontica*, n=5, p ≥ 0,05

Фракції з розмірами частинок, мкм	Водопоглинальна здатність, %	Жирутримуюча здатність, %
Борошно пшеничне вищого сорту (контроль)	58,0±2,0	74±0,5
Зразок 1 (15–30)	126,5±1,3	86,3±0,2
Зразок 2 (50–30)	114,6±1,2	79,5±0,2
Зразок 3 (100-50)	101,8±1,5	73,8±0,3

Отримані результати фізико-хімічних досліджень підтверджують технологічну придатність порошку із *A. pontica* у складі композитних борошняних сумішей з подальшим використанням у технологіях борошняних кулінарних виробів та страв.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Отже, дослідження функціонально-технологічних властивостей порошку із *A. pontica* дало змогу визначити такі показники, як коефіцієнт водопоглинання, водопоглинальна та жирутримуюча здатності порошку *A. pontica*, що є найбільш важливим для вибору технологічних напрямів використання порошку *A. pontica*. Згідно проведених досліджень рекомендується використовувати у технологічному процесі порошок із *A. pontica* з розміром частинок не більше 100 мкм, так як вони характеризуються високими показниками водопоглинальної та жирутримуючої здатностей. Проведені дослідження дали змогу підтвердити перспективність використання порошку із *A. pontica* у складі композитних борошняних сумішей з метою оптимізації їх рецептурного складу та раціональної концентрації, яка в подальшому буде досліджена.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дробот В. І., Грищенко А. М. Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. №46(1). С. 161–166.
2. Паска М. З., Маслійчук О. Б. Функціонально-технологічні показники люпинового борошна та дивосилу в контексті виробництва м'ясних напівфабрикатів. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2020. №31(70), №2. С.136–142.
3. Дорохович В. В., Гуленко А. М. Визначення впливу шроту насіння соняшника на структурні показники тіста та фізико-хімічні показники здобного печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. №27 (1). С. 165–170.
4. Самохвалова О. В., Касабова К. Р., Олійник С. Г. Технологія маффінів оздоровчого призначення: монографія. Харків: Видавництво Технологічний Центр», 2015. 120 с.
5. Федорова Д. В., Кузьменко Ю. В. Технологічні аспекти комплексного використання бичка азовського замороженого у виробництві риборослинних напівфабрикатів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Т. 21, № 6. С. 167–181.
6. Кравченко М. Ф., Піддубний В. А., Романовська О. Л. Функціонально-технологічні власти-

вості борошняних сумішей для тіста. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2023. № 3 (47). С. 125–134.

7. Герасимчук О. П., Костецька К. В. Оцінка якості композитних борошняних сумішей на основі вівсяного борошна. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 1. С 94–100.

8. Крошко О. С. Розробка технології виробництва борошняних сумішей підвищеної харчової цінності: автореф. дис. ... канд. тех. наук: спец. 05Л8.02 «Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів та комбікормів»; Одеська національна академія харчових технологій. Одеса, 2006. 20 с.

9. Філінська Т., Шевченко В., Філінська А., Павлюк С., Суха І. Дослідження властивостей багатокомпонентних сумішей борошна. *Технічні науки та технології*. 2023. № 1(31). С. 117–125.

10. Кравченко, М. Ф., Шаповал, С. Л., Данилюк, І. П. Кінетика процесу сушіння рибного концентрату із атерини чорноморської. *Міжнародний науково-практичний журнал «Товари і ринки»*. 2017. № 1(21), С. 131–139.

REFERENCES:

1. Drobot V. I., Grishchenko A. M., (2014). *Technologichni vlasty`vosti bezglyutenovy`x vy`div sy`rovy`ny`* [Technological properties of gluten-free raw materials]. *Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*, 46(1), 161–166. (in Ukrainian).
2. Paska M. Z., Masliychuk O. B. (2020). *Funkcional`no-technologichni pokazny`ky` lyupy`novogo boroshna ta dy`vosy`lu v konteksti vy`robny`cztva m`yasny`x napivfabry`kativ* [Functional and technological indicators of lupine flour and dill in the context of the production of meat semi-finished products]. *Scientific notes of V. I. Vernadsky TNU. Series: Technical sciences*, 31(70), 136–142. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/23>
3. Dorokhovych V. V., Gulenko A. M. (2021). *Vy`znachennya vply`vu shrotu nasinnya sonyashny`ka na strukturni pokazny`ky` tista ta fizy`ko-khimichni pokazny`ky` zdobnogo pechy`va* [Determination of the influence of sunflower seed meal on the structural parameters of dough and physico-chemical parameters of shortbread cookies]. *Scientific Works of the National University of Chemistry and Technology*, 27 (1), 165–170. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-1-17>
4. Samokhvalova O. V., Kasabova K. R., Oliynyk S. G. (2015). *Technologiya maffiniv ozdorovchogo pry`znachennya* [Technology of muffins for health purposes]. Kharkiv: Publishing House Technological Center. (in Ukrainian).
5. Fedorova D. V., Kuzmenko Yu. V. (2015). *Technologichni aspekty` kompleksnogo*

vy'kory'stannya by'chka azov's'kogo zamorozhenogo u vy'robny'chty ry'bo-rosly'nny'x napivfabry'kativ [Technological aspects of the complex use of frozen Azov goby in the production of fish and vegetable semi-finished products]. *Scientific works of the National University of Food Technologies*, Vol. 21, No. 6. (in Ukrainian).

6. Kravchenko M. F., Piddubny V. A., Romanovskaya O. L. (2023). Funkcional'no-tekhnologichni vlasty'vosti boroshnyany'x sumishej dlya tista [Functional and technological properties of flour mixtures for dough]. *International scientific and practical journal "Goods and Markets"*, 3 (47). (in Ukrainian). [https://doi.org/10.31617/2.2023\(47\)09](https://doi.org/10.31617/2.2023(47)09)

7. Gerasymchuk O. P., Kostecka K. V. (2023). Ocinka yakosti kompozy'tny'x boroshnyany'x sumishej na osnovi vivsyany'go boroshna [Quality assessment of composite flour mixtures based on oat flour] *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 1. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-94-100>

8. Kroshko O. S. (2006). *Development of technology for the production of flour mixtures of increased nutritional value*: Ph.D. technical science. Odesa. (in Ukrainian).

9. Filinska T., Shevchenko V., Filinska A., Pavlyuk S., Sukha I. (2023). Doslidzhennya vlasty'vostej bagatokomponentny'x sumishej boroshna [Research on the properties of multicomponent flour mixtures]. *Technical Sciences and Technologies*, 1(31), 117-125. (in Ukrainian). [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-117-125](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-117-125)

10. Kravchenko M. F., Shapoval S. L., Danylyuk I. P. (2017). Kiny'ty'ka procesu sushynnya ry'bnogo koncentratu iz atery'ny' chornomors'koyi [Kinetics of the drying process of fish concentrate from Black Sea carp]. *International scientific and practical journal "Goods and Markets"*, 1(21), 131-139. (in Ukrainian).

*Стаття надійшла до редакції
10 березня 2025 року*

УДК 664.681

Лебединець А. І.,

alebedynets1@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4478-9758,

здобувач, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ЗБАГАЧЕНИХ МАСЛЯНИХ КЕКСІВ

Анотація. За результатами проведених досліджень узагальнені наукові досягнення вчених і практиків щодо розробки функціональних кексів із використанням нетрадиційної сировини. Підкреслено актуальність введення у рецептури масляних кексів порошків з айви звичайної (*Cydonia oblonga*) та японської (*Chaenomeles japonica*), які характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю. Показано, що порошки з айви звичайної та японської цінні харчовими волокнами, пектиновими речовинами, вітамінами, особливо аскорбіною кислотою, β -каротином та токоферолами. Порівняно і проаналізовано хімічний склад та енергетичну цінність кексу «Айвовий» і контрольного зразка. Заміна частини пшеничного борошна вищого татунку на айвові порошки не вплинула на збільшення кількості білків та жирів у розроблених кексах, проте знизився вміст вуглеводів, а саме: крохмалю. Показано збільшення в кексі «Айвовий» харчових волокон в 13 разів у порівнянні з контролем, а також зменшення енергетичної цінності на 5%. Айва звичайна та японська цінні вітамінами, що позитивно вплинуло на покращення вітамінного складу готових виробів. Фруктові порошки сприяли збільшенню в кексі «Айвовий» аскорбінової кислоти до 46 мг, тіаміну – до 0,12, β -каротину – до 0,25, токоферолу – до 1,42 мг/100 г. Встановлено, що 100 грам розроблених кексів задовольняють добову потребу в аскорбіновій кислоті на 58%. Високий вміст пектинових та дубильних речовин в айвових порошках сприяв збагаченню ними кексу «Айвовий», а саме: у 100 г виробу виявлено 2,45 г і 0,33 г пектинів та дубильних речовин відповідно. Отримані експериментальні дослідження підтверджують перспективність використання порошків із айви та хеномелесу у виробництві масляних кексів, що сприяє поліпшенню їх харчової та біологічної цінності, розширенню асортименту та зниженню калорійності.

Ключові слова: збагачені кекси, айва звичайна, хеномелес, порошок, харчова цінність, біологічна цінність, енергетична цінність.

Lebedynets A. I.,

alebedynets1@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4478-9758,

Postgraduate, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

NUTRITIONAL VALUE OF ENRICHED BUTTER CAKES

Abstract. Based on the results of the research, the scientific achievements of scientists and practitioners in the development of functional cakes using non-traditional raw materials are summarized. The relevance of introducing powders from common quince (*Cydonia oblonga*) and Japanese quince (*Chaenomeles japonica*), which are characterized by high nutritional and biological value, into the recipes of butter cakes is emphasized. It is shown that powders from common quince and Japanese quince are valuable in dietary fiber, pectin substances, vitamins, especially ascorbic acid, β -carotene and tocopherols. The chemical composition and energy value of the “Quince” cake and the control sample are compared and analyzed. Replacing part of the high-grade wheat flour with quince powders did not affect the increase in the amount of proteins and fats in the developed cakes, but the content of carbohydrates, namely starch, decreased. An increase in dietary fiber in the “Quince” cake by 13 times compared to the control was shown, as well as a decrease in energy value by 5%. Common and Japanese quince are valuable vitamins, which had a positive effect on improving the vitamin composition of finished products. Fruit powders contributed to an increase in ascorbic acid in the “Quince” cake to 46 mg, thiamine to 0.12, β -carotene to 0.25, tocopherol to 1.42 mg/100 g. It was found that 100 grams of the developed cakes satisfy the daily requirement for ascorbic acid by 58%. The high content of pectin and tannins in quince powders contributed to the enrichment of the “Quince” cake with them, namely: 2.45 g and 0.33 g of pectins and tannins, respectively, were found in 100 g of the product. The obtained experimental studies confirm the prospects of using quince and chaenomeles powders in the production of butter cakes,

which contributes to improving their nutritional and biological value, expanding the range and reducing calorie content.

Key words: enriched cakes, common quince, chaenomeles, powder, nutritional value, biological value, energy value.

JEL Classification: L66, Q55

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-09>

Постановка проблеми. На сьогоднішній день проблема харчування займає важливе місце серед різних категорій населення. У раціоні недостатньо фруктів та овочів, переважають продукти з великим вмістом жиру тваринного походження і простих вуглеводів. У зв'язку з цим зростає кількість серцево-судинних захворювань, збільшується ризик виникнення цукрового діабету II типу, ожиріння тощо.

Кекси відносяться до борошняних кондитерських виробів, які відрізняються рецептурним складом, зовнішнім виглядом і технологією виробництва. З різноманітних видів кексів, що пропонуються на ринку України, досить популярними вважаються масляні кекси, основними рецептурними компонентами яких є масло вершкове, цукор білий, пшеничне борошно вищого ґатунку та меланж. Їх рецептурний склад переважаний жирами, швидкими вуглеводами та бідний харчовими волокнами, вітамінами і мінеральними сполуками. Одночасно їх асортимент потребує вдосконалення з точки зору підвищення харчової та біологічної цінності, для цього використовують різні види нетрадиційної рослинної сировини.

Одним із альтернативних видів сировини у виробництві кексів є використання продуктів переробки фруктів та ягід, які вважаються корисними та хімічно цінними. Вони забезпечують організм людини цілим комплексом вітамінів, макро- і мікроелементів, які позитивно впливають на ріст і розвиток центральної нервової та серцево-судинної систем, кісткової та м'язової тканин, регуляцію кислотно-лужної рівноваги, гомеостазу та профілактику захворювань. Крім того, плоди містять харчові волокна, флавоноїди, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини [1].

Тому перед виробниками постає актуальне завдання щодо розробки продуктів харчування з новими інгредієнтами. Одним із можливих способів отримання кексів функціонального спрямування є застосування у їх рецептурному складі продуктів переробки фруктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки різноманітності асортименту і відносно низькій вартості кекси користуються попитом як у святкові дні, так і в звичному житті та можуть бути джерелом біологічно активних речовин. Але в їх складі спостерігається низький вміст, а деколи й повна відсутність функціональних інгредієнтів. Питанням підвищення харчової цінності кексів присвячено достатньо багато робіт.

Доцільність використання фруктово-ягідної сировини у виробництві кексів досліджувалась у працях багатьох науковців як України, так і за кордоном.

Зокрема, вітчизняними вченими розроблені: кекси із заміною 10% борошна пшеничного на виноградні вичавки, внесення яких у рецептуру покращило органолептичні показники готових виробів та суттєво знизило їх енергетичну цінність [2]; сирні кекси з добавкою 8% порошку з хурми, що збільшило вміст у виробах харчових волокон та знизило калорійність [3]; кекси із заміною по 10% пшеничного борошна і вершкового масла сумішшю пюре калини та насіння гарбуза, що покращило мінеральний склад виробів та знизило енергетичну цінність [4]; кекси з 15% порошку з морквяних або гарбузових вичавок [5, 6]; кекси «Яблучні» на хімічних розпушувачах із використанням 10% порошку яблучних насінєвих камер із насінням, що збагатило вироби пектиновими речовинами, вітамінами та мінеральними сполуками [7]; збагачені кекси «Осінній аромат» із яблучними і вишневими цукатами та «Чорничний» - із плодами чорниці [8]; органічні кекси з використанням цінної органічної сировини, в тому числі сиропу гарбузового та шматочків гарбуза (кекс «Конопляна насолода») та сушених журавлини і шовковиці (кекс «Житниця») [9].

Харківськими науковцями розглянуто математичне моделювання рецептурного складу здобного кексу, збагаченого вітамінами, мінеральними речовинами та незамінними амінокислотами шляхом введення нетрадиційної сировини, в тому числі продуктів переробки моркви та яблук [10].

Вітчизняними вченими Східноєвропейського університету економіки і менеджменту запропоновані рецептури сирних кексів функціонального призначення «Гарбузовий край», «Помаранчева хмаринка» та «Смарагдове диво», технологія яких передбачає використання порошку гарбузового, шротів із зародків пшениці і розторопші, олії з вівса та іншої цінної сировини. Розроблені кекси рекомендують для дитячого харчування, оскільки вони задовольняють 10-50% добової потреби в дефіцитних есенціальних речовинах, мають підвищений вміст харчових волокон, вітамінів, макро- та мікроелементів [11].

Вчені різних країн світу працюють над розширенням асортименту кексів із використанням найрізноманітнішої фруктово-ягідної та овочевої сировини у вигляді пюре, порошоків, жмиху тощо.

Індійськими вченими запропоновано використання порошоків із стебла цвітної капусти і шкірки картоплі у рецептурах кексів на заміну частини борошна пшеничного, які рекомендовано для лікувально-профілактичного харчування. Вироби з овочевими порошками характеризуються підвищеним вмістом харчових волокон (до 12,5%), білків (до 8,6%) та мінеральних речовин [12]. З метою зниження енергетичної цінності та поліпшення споживних властивостей у Єгипті розробили рецептуру низькокалорійних кексів із використанням пюре зі шкірки кавуна та стевії на заміну вершкового масла та цукру відповідно [13]. Бразильськими науковцями запропоновано технологію виробництва вівсяних кексів із бананами та яблуками й ананасами і м'ятою, які характеризувалися відмінними органолептичними показниками, зниженим вмістом жиру та підвищеним вмістом білка [14].

Постановка завдання. Метою наших досліджень є підвищення харчової та біологічної цінності кексів, збагачених порошками з айви звичайної та японської (хеномелесу). Для досягнення поставленої мети порівняно та проаналізовано вміст білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, пектинових речовин і вітамінний склад контрольного зразка та розроблених кексів із вмістом айвових порошоків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сьогодні населення України все більш зацікавлене у споживанні продуктів харчування з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Однією з причин таких споживацьких переваг є турбота дорослого населення за своє здоров'я та здоров'я майбутнього покоління – дітей. Це пояснюється тим, що сучасні продукти, в тому

числі борошняні кондитерські вироби, збіднені есенціальними, тобто незамінними поживними речовинами, а також насиченням ринку кондитерських виробів із великою кількістю харчових та технологічних добавок.

У попередніх наших дослідженнях з метою збагачення кексів біологічно активними речовинами нами було запропоновано використання в їх рецептурі фруктової сировини, а саме: айви звичайної та японської у вигляді порошоків. У результаті експерименту запропоновано рецептуру кексу «Айвовий» із заміною 7% борошна пшеничного вищого сорту порошком із айви японської (хеномелесу) і 8% порошком із айви звичайної [15].

Айва вважається однією з найбільш древніх культур, яку культивує людина. Сьогодні її вирощують практично у всьому світі. Айва найкращим чином підходить для дієтичного харчування, адже у 100 г містить лише 0,6 г білків, 0,5 г жиру, 9,6 г вуглеводів, а енергетична цінність айви складає 45,3 ккал/100г.

Органічні кислоти, які є сильними збудниками секретії підшлункової залози, сприяють нормальному протіканню процесів травлення. Вони визначають смак плодів і ягід, беруть участь у фізіологічних процесах рослин, впливають на їх технологічні властивості.

Як відомо, у порівнянні з іншими насіннячковими плодами айва відрізняється високим вмістом пектинових речовин, протопектину, фенольних та ароматичних сполук.

Завдяки використанню порошоків із айви звичайної та японської у рецептурі кексу «Айвовий» покращилася його харчова та знизилася енергетична цінність. Порівняння харчової цінності масляних кексів здійснено в табл. 1.

Як бачимо, заміна частини борошна пшеничного вищого гатунку на айвові порошки суттєво не вплинула на вміст білків та жирів, проте знизилася кількість вуглеводів, а саме: спостерігалось зниження вмісту крохмалю завдяки збільшенню вмісту харчових волокон у кексі «Айвовий».

Крім цього, у кексах містяться моно- і дисахариди, але у контрольному зразку переважає сахароза, а в кексі «Айвовий», крім сахарози, ще й фруктоза та глюкоза, що пояснюється додаванням у його рецептуру порошоків із айви.

Харчові волокна підвищують відчуття ситості, стимулюють перистальтику кишечника і знижують рівень холестерину та глюкози в крові. Норма споживання харчових волокон становить 20 г на добу.

Харчова цінність кексу «Айвовий»

Поживні речовини	Вміст поживних речовин у 100 г	
	Кекс «Столичний» (контрольний зразок)	Кекс «Айвовий»
Жири, г	22,3	22,5
Білки, г	5,9	5,8
Вуглеводи, г	50,7	45,4
Харчові волокна, г	0,52	6,8
Пектини, г	-	2,45
Дубильні речовини, г	-	0,33
Енергетична цінність, ккал/кДж	427,1/1785,9	407,3/1703,3

Дефіцит харчових волокон спричиняє дисфункцію шлунково-кишкового тракту, сприяє утворенню злоякісних новоутворень, ожирінню, діабету та атеросклерозу. В 100 г кексу «Айвовий» міститься у 13 разів більше харчових волокон у порівнянні з контролем, адже айва звичайна та японська багаті харчовими волокнами. Слід відзначити, що вміст харчових волокон у плодах *Chaenomeles* японіса високий – у середньому 32 г/100 г сухих плодів [16].

Плоди айви та хеномелесу також містять пектини. Основним їх джерелом служать незрілі плоди, оскільки пектин у процесі дозрівання частково трансформується в моносахариди. Середній вміст пектину в свіжих плодах айви японської коливається в межах 0,65-1,08% [17], а в сухих плодах – 11 г пектину на 100 г [18].

Пектин є структурним полісахаридом – компонентом стінок рослинних клітин. Він очищає ворсинки кишківника, покращуючи таким чином всмоктування біологічно активних речовин, і стимулює його перистальтику. Встановлено також його імуномодулюючу, гіпоглікемічну, антиоксидантну, антибактеріальну, протипухлинну та протизапальну дії. Виходячи з цих даних, високий вміст пектину в плодах японської айви дозволяє припустити потенційний сприятливий ефект їх споживання при дисліпідемії, гіперглікемії, метаболічному синдромі і пов'язаному з ними стані.

В 100 г розроблених кексів міститься 2,45 г і 0,33 г пектинів та дубильних речовин відповідно, тоді як у контрольному зразку вони відсутні.

Слід відзначити специфічну особливість хімічного складу айви звичайної, а саме: високий вміст пектинів, які в поєднанні з дубильними речовинами прискорюють виведення токсинів із товстого кишківника, пригнічуючи життєздатність хвороботворної мікрофлори.

У порівнянні з контрольним зразком енергетична цінність кексу «Айвовий» зменшилася на 5%, що пояснюється збільшенням у складі кількості харчових волокон, пектинових та дубильних речовин тощо.

Вітаміни як учасники і біологічні каталізатори хімічних реакцій, що відбуваються у живій клітині, необхідні для функціонування всіх органів і систем організму людини для здійснення життєво важливих функцій. Нами було досліджено вітамінний склад розроблених кексів (рис. 1).

Айва звичайна та японська, які були внесені у рецептуру кексу «Айвовий», багаті вітамінами, що й позитивно вплинуло на покращення вітамінного складу готових виробів.

Так, порошки з айви, особливо з хеномелесу, сприяли збагаченню нових виробів аскорбіновою кислотою до 46 мг/100г, хоча в контролі її не виявлено.

Науковцями Чехії доведено, що у деяких сортах айви на стадії споживної стиглості вміст вітаміну С становив понад 70 мг на 100 г сухої речовини [19].

Вітамін С (аскорбінова кислота) бере участь в окисно-відновних реакціях, функціонуванні імунної системи, сприяє засвоєнню заліза. Встановлений рівень фізіологічної потреби у різних країнах – 45-110 мг/добу. Відповідно до норм раціонального харчування добова потреба в аскорбіновій кислоті для дорослих в Україні складає 80 мг. Експериментально встановлено, що 100 грам розроблених кексів задовольняють добову потребу в аскорбіновій кислоті на 58%.

Вітаміни групи В виконують важливі фізіологічні функції, а саме: регулюють обмін амінокислот, покращують зір, впливають на стан шкіри та слизових оболонок тощо. Айва японська цінна на такі вітаміни, як рибофлавін та тіамін, що сприяє збагаченню ними кексу «Айвовий». У порівнянні з контролем у кексі вміст тіаміну збільшився у 2,3

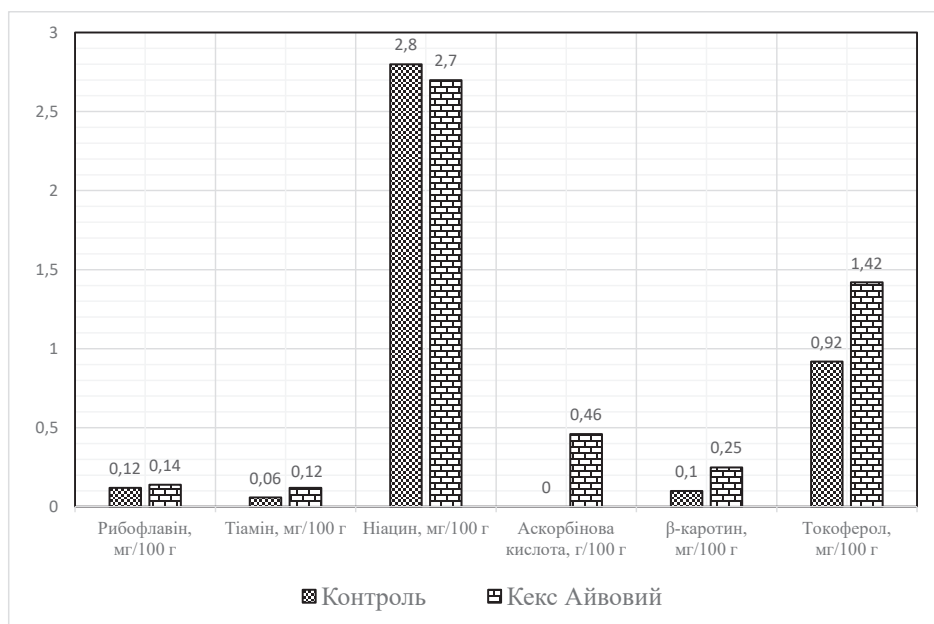


Рис. 1. Вітамінний склад кексів, мг (г) /100 г

рази. Тіамін та рибофлавін підтримують нормальне функціонування серцево-судинної, нервової і травної систем людського організму.

Каротин сприяє зміцненню організму людини, попереджує його серцево-судинні і шлунково-кишкові захворювання. У розробленому кексі вміст β-каротину збільшився у 2,5 рази в порівнянні з контрольним зразком, що не тільки підвищило його біологічну цінність, але й надало виробам привабливого насиченого кольору.

Вітамін Е вважається потужним антиоксидантом, пригнічує окислювальну деградацію ліпідів, яка відбувається під дією вільних радикалів. Крім того, він є стабілізатором клітинних мембран та необхідним для функціонування серцевого м'язу і зниження рівня холестерину в крові. Вміст токоферолу в кексі «Айвовий» збільшився у 1,5 рази до 1,42 мг/100г.

Слід відзначити, що лейкоантоціани, катехіни, флавоноїди й аскорбінова кислота плодів айви японської у комплексі з β-каротином айви звичайної здатні збагатити готовий виріб цінними вітамінами і поліфенолами, а аскорбінова кислота і каротиноїди також сприяють синергетичному підсиленню антиоксидантних і капіляротекторних властивостей поліфенольних сполук.

Завдяки введенню в рецептуру айвових порошоків кекси набули не тільки фруктового смаку і приємного аромату, але й високої біологічної цінності. Підвищений вміст у них компонентів (харчових волокон, пектину, аскорбінової кислоти, β-каротину, токоферолів) та інших

дозволяє отримати вироби з більш збалансованим хімічним складом та пониженою енергетичною цінністю.

Проведені дослідження підтверджують перспективність використання плодів айви звичайної та японської, а також продуктів їх переробки для створення збагачених кексів із високими споживними властивостями, з підвищеним вмістом вітамінів, харчових волокон, пектинових, дубильних та поліфенольних сполук.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Таким чином, на основі результатів наших досліджень можна зробити висновки:

- айва звичайна та японська за харчовою та біологічною цінністю вважається перспективною сировиною для виробництва масляних кексів;
- введення у рецептуру кексу «Айвовий» порошку з айви звичайної та японської на заміну частини пшеничного борошна дозволяє отримати вироби з підвищеним вмістом харчових волокон, пектинових та дубильних речовин;
- використання айвових порошоків у технології виробництва кексів сприяє збагаченню виробів аскорбіновою кислотою до 46 мг, тіаміном – 0,12, β-каротином – 0,25, токоферолом – 1,42 мг/100 г та іншими біологічно цінними сполуками.

Вважаємо перспективним подальше вдосконалення рецептур розроблених видів кексів із додаванням рослинної жиромісної сировини з метою збагачення виробів поліненасиченими жирними кислотами та іншими цінними речовинами.

Багатий мінеральний та вітамінний склад айви, високий вміст пектинових речовин, відсутність штучних добавок та високі споживні властивості дозволяють рекомендувати розроблені кекси широкому колу споживачів, у тому числі дітям.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Viljakainen S., Visti A., Laakso S. Concentrations of organic acids and soluble sugars in juices from nordic berries. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science*. 2002. Vol. 52. P. 101-109.
2. Олійник Н. В., Андрейченко С. М. Використання вторинної сировини у технології борошняних кондитерських виробів. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якості і безпечність продуктів : збірник матеріалів VII Всеукраїнської наук.-практ. конф.* Львів : «Ліга прес», 2015. С. 57-60.
3. Дзюндзя О. В. Технологія кексів функціонального призначення. *Modern directions of theoretical and applied researches*. 2016. №2. С. 15-22.
4. Ющенко Н., Буяльська Н., Челябієва В., Березкина Н. Технологія кексів з додаванням калини звичайної (*Viburnum opulus* L.) та гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo* L.). *Технічні науки та технології*. 2023. №3 (33). С. 162-169.
5. Олійник Н. В. Використання порошку із морквяних вичавок у технології борошняних кондитерських виробів. *Нові технології і обладнання харчових виробництв : матеріали Міжвузівського науково-практичного семінару* (м. Полтава, 14 квітня 2016 р.). Полтава : ПУЕТ, 2016. С. 35-36.
6. Олійник Н. В., Холод Т. А. Використання порошку із гарбузових вичавок при виробництві кексів. *Збірник наукових статей магістрів, факультету харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного бізнесу ПУЕТ за результатами наукових досліджень 2013-2014 навчального року*. Полтава : ПУЕТ, 2014. С. 38-43.
7. Челябієва В., Семенюк О., Гаврик М. Використання нетрадиційної сировини у кондитерському виробництві. *Technical sciences and technologies*. 2017. №2 (8). С. 195-201.
8. Лозова Т. М. Поліпшення білкового та амінокислотного складу кондитерських виробів *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2020. № 23. С. 102-109.
9. Ткаченко А. Наукове обґрунтування розроблення кексів з органічної сировини з підвищеним мінеральним складом. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2020. № 23. С. 110-115.
10. Крутовий Ж. А., Запаренко Г. В., Касілова Л. О. та ін. Математичне моделювання рецептурної композиції кексу підвищеної харчової цінності. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9, № 5. С. 5-9.
11. Собко А. Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів функціонального при-

значення для учнів. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2019. Т. 2, № 1. С. 94-108.

12. Bharti Kiran, Singh Neetu. Utilization of vegetable waste as a source of dietary fibre rich muffins and biscuits for old age. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2017. Volume 2, Issue 6. P. 31-34.

13. Shereen L. Nassef, Hoda H. Hafez. Determining Quality Attributes of Cupcakes by Watermelon Puree and Stevia Sweetener. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*. 2024. Volume 3, Issue 1. P. 1-11.

14. Paula Becker Pertuzatti, Denise Soares Dorneles de Oliveira, Kelly Cristina Campagnolo Port, Larissa Alves Vieira, Mariana Bento da Cruz, Gabrielle Lázara Ribeiro Rodrigues de Barros Vinhal. Preparation and Characterization of Microwave-made Oat and Fruit Cupcakes. *American Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 3, № 4A. P. 8-11.

15. Гаврилишин В. В., Лебединець А. І. Науково-практичні аспекти формування асортименту та покращення споживних властивостей кексів і бісквітів з використанням рослинної сировини. Наукові проблеми зберігання, поліпшення якості, споживних властивостей і безпечності харчових продуктів : монографія / Т. М. Лозова, В. В. Гаврилишин, Л. І. Решетило та ін.; за наук. ред. проф. Лозової Т. М. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. С. 50-117.

16. Khromykh N., Lykholat Y., Shupranova L., Kabar A., Didur O., Lykholat T., Kulbachko Y. Interspecific differences of antioxidant ability of introduced *Chaenomeles* species with respect to adaptation to the steppe zone conditions. *Biosyst. Divers.* 2018. № 26 (2). P. 132-138.

17. Turkiewicz I. P., Wojdyło A., Tkacz K., Nowicka P., Golis T., Bąbelewski P. ABTS On-Line antioxidant, α -amylase, α -glucosidase, pancreatic lipase, acetyl- and butyrylcholinesterase inhibition activity of *Chaenomeles* fruits determined by polyphenols and other chemical compounds. *Antioxidants*. 2020. № 9 (1). P. 60.

18. Thomas M., Guillemin F., Guillon F., Thibault F. Pectins in the fruits of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). *Carbohydr. Polym.* 2003. № 53(4). P. 361-372.

19. Rop O., Balík J., Řezníček V., Juríková T., Škardová P., Salaš P., Sochor J., Mlček J., Kramářová D. Chemical characteristics of fruits of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars. *J. Food Sci.* 2011. № 29. P. 65-73.

REFERENCES:

1. Viljakainen S., Visti A., Laakso S. (2002) Concentrations of organic acids and soluble sugars in juices from nordic berries. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science*, vol. 52, p. 101-109.

2. Olijnyk, N. V., Andrejchenko, S. M. (2015) Vykorystannia vtorynnoi syrovyny u tekhnolohii boroshnianskykh kondyters'kykh vyrobiv. *Novitni tendentsii u kharchovykh tekhnolohiiakh ta iakist' i bezpechnist' produktiv : zbirnyk materialiv VII Vseukrains'koi nauk.-prakt. konf. «Liha pres»*, L'viv, s. 57-60.
3. Dziundzia, O. V. (2016) Tekhnolohiia keksiv funktsional'noho pryznachennia. *Modern directions of theoretical and applied researches*, №2, s. 15-22.
4. Yuschenko N., Buial's'ka N., Cheliabiieva V., Berezkyina N. (2023) Tekhnolohiia keksiv z dodavanniam kalyny zvyhajnoi (Viburnum opulus L.) ta harbuza zvyhajnoho (Cucurbita pepo L.). *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*, №3 (33), s. 162-169.
5. Olijnyk, N. V. (2016) Vykorystannia poroshku iz morkvianskykh vychavok u tekhnolohii boroshnianskykh kondyters'kykh vyrobiv. *Novi tekhnolohii i obladnannia kharchovykh vyrobnytstv : materialy Mizhvuzivs'koho naukovo-praktychnoho seminaru* (m. Poltava, 14 kvitnia 2016 r.). PUET, Poltava, s. 35-36.
6. Olijnyk, N. V., Kholod, T. A. (2014) Vykorystannia poroshku iz harbuzovykh vychavok pry vyrobnytstvi keksiv. *Zbirnyk naukovykh statei mahistriv, fakul'tetu kharchovykh tekhnolohij, hotel'no-restorannoho i turystychnoho biznesu PUET za rezul'tatamy naukovykh doslidzhen' 2013-2014 navchal'noho roku*. PUET, Poltava, s. 38-43.
7. Cheliabiieva V., Semeniuk O., Havryk M. (2017) Vykorystannia netradytsijnoi syrovyny u kondyters'komu vyrobnytstvi. *Technical sciences and technologies*, №2 (8), s. 195-201.
8. Lozova T. M. (2020) Polipshennia bilkovoho ta aminokyslotnoho skladu kondyters'kykh vyrobiv *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky.*, № 23, s. 102-109.
9. Tkachenko A. (2020) Naukove obgruntuvannia rozroblennia keksiv z orhanichnoi syrovyny z pidvyschenym mineral'nym skladom. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky.*, № 23, s. 110-115.
10. Krutovyj, Zh. A., Zaparenko, H. V., Kasilova, L. O. ta in. (2013) Matematychni modeliuvannia retsepturnoi kompozytsii keksu pidvyschenoi kharchovoi tsinnosti. *Nauka ta innovatsii*, T. 9, № 5, s. 5-9.
11. Sobko A. (2019) Innovatsijni tekhnolohii boroshnianskykh kondyters'kykh vyrobiv funktsional'noho pryznachennia dlia uchniv. *Restorannyj i hotel'nyj konsal'tynh. Innovatsii*, T. 2, № 1, s. 94-108.
12. Bharti Kiran, Singh Neetu. (2017) Utilization of vegetable waste as a source of dietary fibre rich muffins and biscuits for old age. *International Journal of Food Science and Nutrition*, Volume 2, Issue 6, r. 31-34.
13. Shereen L. Nassef, Hoda H. Hafez. (2024) Determining Quality Attributes of Cupcakes by Watermelon Puree and Stevia Sweetener. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*, Volume 3, Issue 1, r. 1-11.
14. Paula Becker Pertuzatti, Denise Soares Dorneles de Oliveira, Kelly Cristina Campagnolo Port, Larissa Alves Vieira, Mariana Bento da Cruz, Gabrielle Lázara Ribeiro Rodrigues de Barros Vinhal. (2015) Preparation and Characterization of Microwave-made Oat and Fruit Cupcakes. *American Journal of Food Science and Technology*, Vol. 3, № 4A, r. 8-11.
15. Havrylyshyn V. V., Lebedynets' A. I. (2022) Naukovo-praktychni aspekty formuvannia asortymentu ta pokraschennia spozhyvnykh vlastyvostej keksiv i biskvitiv z vykorystanniam roslynnoi syrovyny. Naukovi problemy zberihannia, polipshennia iakosti, spozhyvnykh vlastyvostej i bezpechnosti kharchovykh produktiv : monohrafiia / T. M. Lozova, V. V. Havrylyshyn, L. I. Reshetylo ta in.; za nauk. red. prof. Lozovoi T. M. Vydavnytstvo L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu, L'viv, s. 50-117.
16. Khromykh N., Lykholat Y., Shupranova L., Kabar A., Didur O., Lykholat T., Kulbachko Y. (2018) Interspecific differences of antioxidant ability of introduced Chaenomeles species with respect to adaptation to the steppe zone conditions. *Biosyst. Divers*, № 26 (2), r. 132-138.
17. Turkiewicz I. P., Wojdyło A., Tkacz K., Nowicka P., Golis T., Bąbulewski P. (2020) ABTS On-Line antioxidant, α -amylase, α -glucosidase, pancreatic lipase, acetyl- and butyrylcholinesterase inhibition activity of Chaenomeles fruits determined by polyphenols and other chemical compounds. *Antioxidants*, № 9 (1), r. 60.
18. Thomas M., Guillemin F., Guillon F., Thibault F. (2003) Pectins in the fruits of Japanese quince (Chaenomeles japonica). *Carbohydr. Polym.*, № 53(4), r. 361-372.
19. Rop O., Balík J., Řezníček V., Juríková T., Škardová P., Salaš P., Sochor J., Mlček J., Kramářová D. (2011) Chemical characteristics of fruits of some selected quince (Cydonia oblonga Mill.) cultivars. *J. Food Sci*, № 29, r. 65-73.

*Стаття надійшла до редакції
18 грудня 2024 року*

УДК 637.353.7:006.83:005.934

Чагаровський О. П.,

uaach@chr-hansen.com, ORCID ID: 0009-0001-3825-9742, Researcher ID: JAX-2719-2023, д.т.н., професор, професор кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси, Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Дідух Е. Г.,

ed.didukh@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-5022-8604, Researcher ID: JAX-2376-2023, аспірант кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси, Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ НАССР ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ М'ЯКОГО КАМАМБЕР

Анотація. На основі ґрунтовного аналізу технологічного процесу виробництва сиру м'якого Камамбер згідно «Дерева рішень» з метою зменшення потенційно небезпечних біологічних, фізичних і хімічних небезпечних чинників розроблено схему управління безпечністю НАССР при виробництві цільового продукту на Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО», яка передбачає впровадження 12 етапів (у т.ч. семи кроків НАССР).

Створено робочу групу НАССР із залученням діючих фахівців ТОВ «МУККО» з потрібними знаннями і досвідом. Проаналізовано вимоги нормативних документів до показників якості сиру м'якого Камамбер; описано продукцію та методи її реалізації; встановлено призначення продукції. Побудовано блок-схему виробничого процесу сиру м'якого Камамбер та підтверджено членами робочої групи НАССР правильність складеної діаграми процесу виробництва сиру м'якого Камамбер на виробництві – Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО». Складено перелік потенційно небезпечних чинників, проведено їхній аналіз на основі «Дерева рішень». Розглянуто контрольні заходи, визначено одну критичну контрольну точку (ККТ), а також чотири операційні програми передумов (ОПП) у технології сиру м'якого Камамбер: ККТ 1 – на операції «Пастеризація нормалізованого молока: $t=85-86^{\circ}\text{C}$, $\tau=5-6$ хв»; ОПП 1 – на технологічній операції «Оцінка якості та приймання молока», ОПП 2 – на технологічній операції «Внесення 40%-го розчину кальцію хлориду», ОПП 3 – на технологічній операції «Внесення СНУ-MAX Extra 600 IMCU», ОПП 4 – на технологічній операції «Соління сиру в розсолі». Встановлено критичні межі для ККТ 1 – температура пастеризації нормалізованого молока не нижче ніж $+85^{\circ}\text{C}$, мінімальна витримка – 5 хв. Встановлено коригувальні дії, систему моніторингу, документування та реєстрацію даних при впровадженні розробленої системи управління безпечністю НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер на Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО».

Ключові слова: сир м'який Камамбер; система управління безпечністю НАССР; потенційно небезпечний чинник; критична контрольна точка; операційна програма передумов; критичні межі; Дерево рішень.

Chaharovskiy O. P.,

uaach@chr-hansen.com, ORCID ID: 0009-0001-3825-9742, Researcher ID: JAX-2719-2023, Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Milk Technology, Oil and Fat Products and Beauty Industry, Odesa National University of Technology, Odesa

Didukh E. G.,

ed.didukh@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-5022-8604, Researcher ID: JAX-2376-2023, Postgraduate at the Department of Milk Technology, Oil and Fat Products and Beauty Industry, Odesa National University of Technology, Odesa

DEVELOPMENT OF A HACCP SAFETY MANAGEMENT SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF SOFT CAMEMBERT CHEESE

Abstract. Based on a thorough analysis of the technological process of soft Camembert cheese production according to the "Decision Tree" in order to reduce potentially dangerous biological, physical and chemical hazardous factors, a HACCP safety management scheme for the production of the target product at the Dairy Farm of Prykarpattia LLC "MUKKO" was developed, which provides for the implementation of 12 stages (including seven steps of HACCP).

A HACCP working group was created with the involvement of current specialists of LLC "MUKKO" with the necessary knowledge and experience. The requirements of regulatory documents for the quality indicators of soft Camembert cheese were analyzed; the products and methods of their implementation were described; the purpose of the products was established. A flowchart of the soft Camembert cheese production process was constructed and the members of the HACCP working group confirmed the correctness of the compiled diagram of the soft Camembert cheese production process at the production facility – the Dairy Farm of Prykarpattia LLC "MUKKO". A list of potentially hazardous factors was compiled, their analysis was conducted based on the "Decision Tree". Control measures were considered, one critical control point (CCP) was determined, as well as four operational prerequisite programs (OPP) in the soft Camembert cheese technology: CCP 1 – for the operation "Pasteurization of normalized milk: $t=85-86^{\circ}\text{C}$, $\tau=5-6$ min"; OPP 1 – at the technological operation "Quality assessment and acceptance of milk", OPP 2 – at the technological operation "Addition of 40% calcium chloride solution", OPP 3 – at the technological operation "Addition of CHY-MAX Extra 600 IMCU", OPP 4 – at the technological operation "Salting cheese in brine". Critical limits have been established for CCP 1 – pasteurization temperature of normalized milk not lower than $+85^{\circ}\text{C}$, minimum holding time – 5 min. Corrective actions, a monitoring system, documentation and data registration have been established when implementing the developed HACCP safety management system in the production of soft Camembert cheese at the Dairy Farm of Prykarpattia LLC "MUKKO".

Key words: soft Camembert cheese; HACCP safety management system; potentially hazardous factor; critical control point; operational prerequisite program; critical limits; Decision tree.

JEL Classification: I 12, L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-10>

Постановка проблеми. Сучасні дослідження у сфері сироваріння, зокрема на крафтових виробництвах, зосереджені на створенні нових рецептів, удосконаленні технологій виготовлення та впровадженні систем контролю якості та безпечності, таких як HACCP та ISO. Це дозволяє отримувати високоякісні сири з унікальними характеристиками, які відповідають вимогам сучасного ринку. Інноваційні підходи у виробництві крафтових сирів не лише покращують їхню якість, а й сприяють сталому розвитку галузі. Високий рівень контролю на всіх етапах – від ретельного відбору сировини до оптимізації виробничих процесів – забезпечує відповідність продукції найвищим національним і міжнародним стандартам [1].

Одним із актуальних завдань сьогодення є виробництво м'яких білих сирів, які користуються попитом серед вітчизняного споживача, а сироробними підприємствами України практично не виробляються. При цьому чільне місце займають питання безпечності процесу виробництва білих сирів (Камамбер, Брі),

тому питання розроблення рекомендацій щодо впровадження систем безпечності при виробництві сирів даної групи потребують вирішення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Безпечність продукту залежить від трьох основних груп небезпечних факторів: біологічних, хімічних і фізичних [3–7]. Біологічні – патогенні мікроорганізми, які за певних умов можуть становити загрозу для здоров'я споживача. Хімічні – шкідливі хімічні сполуки, такі як пестициди, радіонукліди, солі важких металів, антибіотики та алергени, що можуть негативно впливати на організм. Фізичні – сторонні предмети у харчових продуктах, які можуть травмувати слизову оболонку або внутрішні органи. Якщо ці фактори відсутні або їхній рівень не перевищує допустимих норм, продукт вважається безпечним для споживання [5–7].

Традиційні системи управління безпечністю харчових продуктів з притаманним їм акцентуванням уваги на випробуванні кінцевого продукту більше не можуть вирішувати складні,

глибокі та швидкоплинні проблеми глобальної економіки. Науково обґрунтовані підходи до систем управління безпечністю харчових продуктів наразі є необхідною умовою функціонування системи офіційного контролю у будь-якій країні світу [8].

Найпоширенішою системою управління безпечністю харчових продуктів є НАССР. Вона базується на науково обґрунтованому підході, що передбачає аналіз небезпечних чинників і визначення критичних точок контролю (від англ. *Hazard Analysis and Critical Control Point*). Ця система дозволяє ефективно забезпечувати безпечність харчової продукції, у т.ч., сирів, шляхом виявлення та контролю потенційних загроз. НАССР є універсальним інструментом, який застосовується як до простих, так і до складних виробничих процесів. Вона охоплює весь агрохарчовий ланцюг – від первинного виробництва сировини до кінцевого споживання готової продукції («від лану – до столу»), включаючи виробництво, збут, транспортування, зберігання, імпорт, експорт і розміщення продукції на ринку. З метою гарантування безпечності сиру м'якого Камамбер на українських сироварнях та сиркомбінатах рекомендовано впровадження системи НАССР, що забезпечує відповідність продукції найвищим стандартам якості та безпечності [9].

Постановка завдання. Метою представленої роботи стало розроблення системи управління безпечністю НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер на прикладі Молочної Ферми Прикарпаття ТОВ «МУККО».

Виклад основного матеріалу дослідження. Система управління безпечністю НАССР передбачає ґрунтовний аналіз технологічного процесу виробництва харчових продуктів з метою зменшення мікробіологічних, фізичних і хімічних небезпечних чинників. Для розроблення системи НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер на Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО» були впроваджені 12 етапів, у тому числі 7 кроків НАССР [3–4, 9–10] (згідно рис. 1).

1 етап впровадження системи управління безпечністю – створення на ТОВ «МУККО» групи НАССР. Процес виробництва сиру м'якого Камамбер повинен передбачати залучення фахівців з потрібними знаннями і досвідом для розроблення дієвого плану НАССР. Оптимальним вирішенням є створення робочої групи з представників різних спеціальностей. Група НАССР повинна включати [3–4, 9–10]:

- керівника групи. Особа, відповідальна за впровадження плану НАССР. На ТОВ «МУККО» керівником групи пропонується призначити Начальника виробництва;

- фахівця з детальними знаннями виробничого процесу – на ТОВ «МУККО» пропонується призначити головного технолога;

- фахівців, які мають знання в галузі конкретних небезпек і пов'язаних з ними ризиків – на ТОВ «МУККО» пропонується включити до цієї групи лаборанта-мікробіолога, лаборанта-хіміка, ветеринарного лікаря, менеджера з контролю якості, змінного сировара;

- фахівців з пакування, покупки сировини, дистриб'юторський персонал або виробничий персонал, які беруть участь у виробничому процесі, знайомі з ним і можуть тимчасово бути залучені в команду для забезпечення відповідного досвіду – на ТОВ «МУККО» пропонується залучити по 1 фахівцю із кожного з перелічених відділень;

- технічного секретаря, який реєструє прогрес команди і результати аналізу (на ТОВ «МУККО» технічним секретарем пропонується призначити лаборанта).

Першою дією групи НАССР є визначення обсягу дослідження. При розробленні системи НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер на ТОВ «МУККО» передбачено охоплення частини виробництва – від сировини через виробничий процес до готового продукту та дистрибуцію до вживання сиру.

2 етап впровадження системи управління безпечністю – описання продукту – сиру м'якого Камамбер, щоб почати аналіз небезпечних чинників [3–4, 9–10]. Таке описання включає інформацію, що відноситься до безпечності, наприклад, складу, фізико-хімічних властивостей сировини і кінцевого продукту, кількості вологи, доступної для росту мікробів тощо. Також необхідно враховувати інформацію про те, як продукт повинен бути упакований, зберігатися і транспортуватися, а також факти, що стосуються його терміну придатності і рекомендованих температур зберігання. Також група НАССР складає описання усіх сировинних інгредієнтів – молока-сировини, молокозсідального ферменту, заквасок лактобактерій та плісень, кальцію хлориду та воли питної.

3 етап впровадження системи управління безпечністю – встановлення призначення продукції [9–10]. Сир м'який Камамбер споживається безпосередньо і використовується для приготування



Рис. 1. Етапи впровадження системи НАССР на підприємстві

різноманітних блюд. Цільова група для продукту також має значення, оскільки сир м'який Камамбер може містити залишки лактози, що робить його непридатним для вживання людьми з лактазою недостатністю, а також містить білки коров'ячого молока, на які у певної групи людей може бути алергія. Також слід враховувати ймовірність неправильного використання продукту.

4 етап впровадження системи управління безпечністю – побудова блок-схеми виробничого процесу сиру м'якого Камамбер. Перша функція групи НАССР полягає в тому, щоб скласти детальну блок-схему технологічного процесу виробництва сиру м'якого Камамбер (рис. 2), яка дасть більш чітку і зрозумілу картину всіх етапів його виготовлення [9–10].

Блок-схема допомагає виявити джерела потенційного зараження і визначити методи для усунення ризиків.

5 етап впровадження системи управління безпечністю – підтвердження блок-схеми на об'єкті виробництва – ТОВ «МУККО».

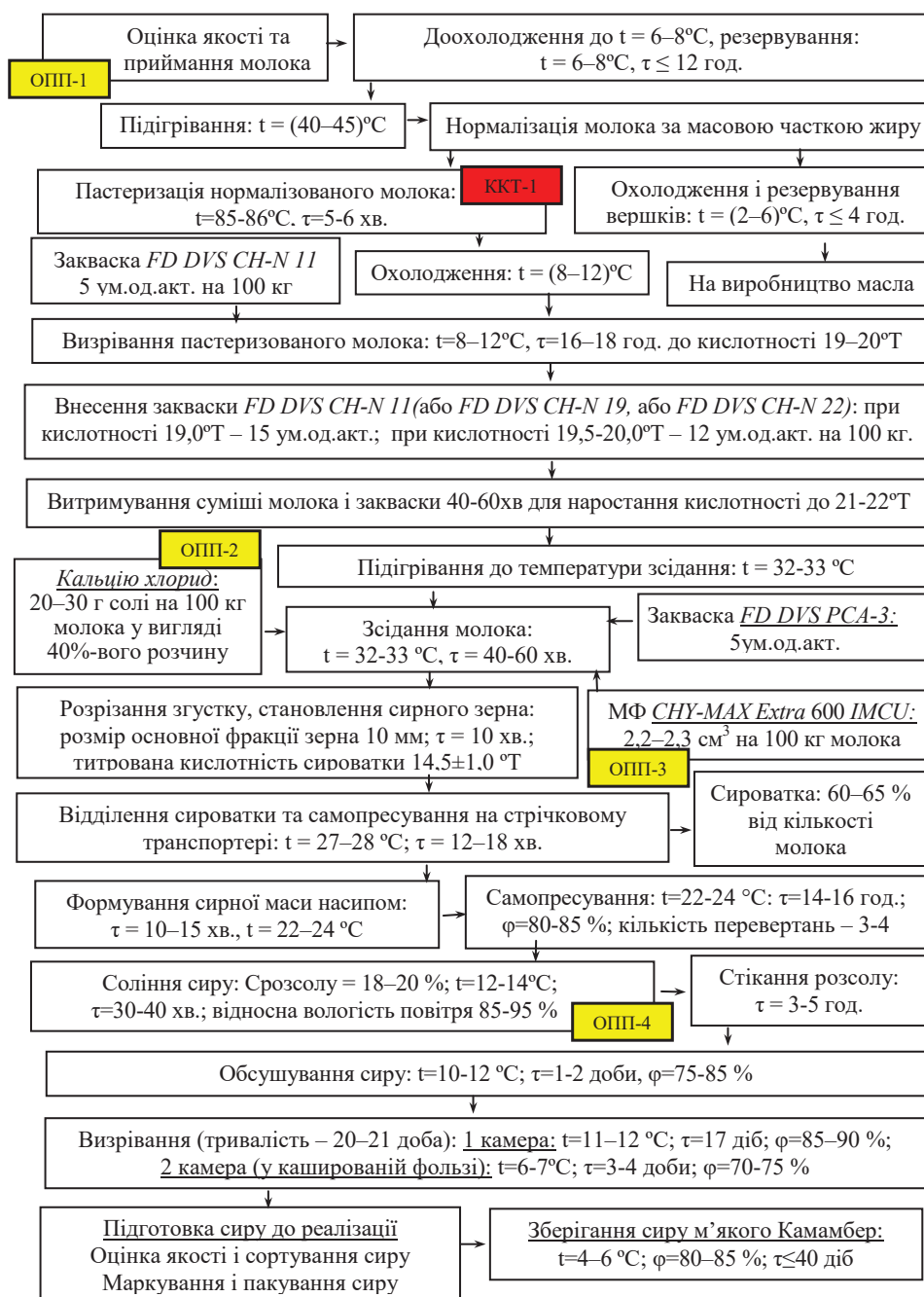
Блок-схема перевіряється на предмет її точності і закінченості. У разі виявлення будь-яких невідповідностей і непрогнозованих ситуацій, в блок-схему вносять зміни і оформляють це документально [9–10]. Оскільки члени групи НАССР працюють безпосередньо на виробництві – на ТОВ «МУККО», підтвердження блок-схеми відбувається у ході технологічного процесу

виробництва і група має можливість детально відслідковувати складену блок-схему процесу виробництва сиру.

6-12 етапи впровадження системи НАССР – це сім принципів НАССР [9].

6 етап впровадження системи управління безпечністю (перший крок НАССР) – складання переліку потенційно небезпечних чинників.

Ефективна ідентифікація і аналіз небезпеки є ключовим моментом для розробки успішного плану НАССР. Слід враховувати всі реальні або потенційні небезпеки, які можуть виникати в кожному компоненті і на кожному етапі блок-схеми. Проблеми безпеки харчових продуктів, у т.ч. сиру м'якого Камамбер, для програм НАССР поділяються на три типи небезпек: біологічні, фізичні, хімічні речовини. Після ідентифікації небезпеки проводять аналіз небезпеки, щоб зрозуміти відносний ризик для здоров'я людини, пов'язаний з небезпекою. Ризик може бути оцінений суб'єктивно і просто класифікований як низький, середній або високий. Тільки ті небезпеки, які, на думку групи НАССР, представляють неприйнятний ризик присутності, переносяться до наступного етапу розробки плану НАССР [9–10]. Аналіз оцінки ризиків при виробництві сиру м'якого Камамбер з метою виявлення біологічних, фізичних та хімічних потенційно небезпечних чинників здійснювали із застосуванням «Дерева рішень» [9–10].



Умовні позначення: ККТ – критична контрольна точка; ОПП – операційна програма передумов

Рис. 2. Блок-схема виробництва сиру м'якого Камамбер з ККТ і ОПШ

7 етап впровадження системи управління безпечністю (другий крок НАССР) – визначення ККТ.

Критичною контрольною точкою (ККТ) називається стадія, етап або процес, над якими можна застосувати управління для запобігання, усунення або зменшення до допустимого рівня потенційних ризиків. Такі критичні точки особливо точно вказують на ті процеси, які вимагають особливої уваги. Кількість ККТ нічим не

обмежена і залежить від складності технологічного процесу, властивостей сировини та інших умов. Завдання групи НАССР – звести кількість ККТ до мінімуму, адже кожна критична контрольна точка вказує на потенційну небезпеку в процесі виробництва [9–10].

Проведений аналіз дозволив виділити одну критичну контрольну точку (ККТ) та чотири операційні програми передумов (ОПП): ККТ 1 – на операції «Пастеризація нормалізованого молока:

$t=85-86^{\circ}\text{C}$, $\tau=5-6$ хв»; ОПП 1 – на технологічній операції «Оцінка якості та приймання молока», ОПП 2 – на технологічній операції «Внесення 40%-вого розчину кальцію хлориду», ОПП 3 – на технологічній операції «Внесення *CHY-MAX Extra 600 IMCU*», ОПП 4 – на технологічній операції «Соління сиру в розсолі».

8 етап впровадження системи управління безпечністю (третій крок НАССР) – встановлення граничних значень (критичних меж) для кожної ККТ. Критичною межею є границі, які розділяють поняття «припустимий» і «неприпустимий», тобто це максимальний або мінімальний параметр, в межах якого можуть контролюватися біологічні, хімічні або фізичні параметри в конкретній ККТ. При перевищенні критичної межі, вважається, що ККТ вийшла з-під контролю і виникають потенційні ризики [9–10]. Для ККТ 1 критичні межі – температура пастеризації молока нормалізованого не нижче ніж $+85^{\circ}\text{C}$, мінімальна витримка – 5 хв.

9 етап впровадження системи управління безпечністю (четвертий крок НАССР) – встановлення системи моніторингу для кожної ККТ. Моніторинг – це механізм підтвердження того, що ККТ не вийшла за встановлені критичні межі. Моніторинг виконує три цілі: 1 – він є обов’язковим для управління безпечністю сиру, оскільки дозволяє відстежити роботу системи; 2 – він використовується для визначення втрати контролю та відхилення на ККТ (тобто перевищення критичної границі), при якій необхідне застосування коригувальної дії; 3 – моніторинг забезпечує письмову документацію для використання при перевірці плану НАССР [9–10]. Моніторинг при виробництві сиру м’якого Камамбер здійснює майстер апаратної дільниці із застосуванням автоматичної реєстрації (на термограмі) температури пастеризації молока нормалізованого, а також тривалості пастеризації (візуально за показниками термограми та годинника).

10 етап впровадження системи управління безпечністю (п’ятий крок НАССР) – встановлення коригувальних дій.

Якщо моніторинг показує, що ККТ вийшла за критичні межі, демонструючи тим самим, що цей процес виходить з-під контролю, необхідно негайно вжити коригувальні дії [9–10]. При виробництві сиру м’якого Камамбер передбачені такі коригувальні дії: зупинка пластинчастого пастеризатора-охолоджувача (ППО), зачищення його від залишків продукту, відрегулювання температури. Перевірка спеціалістом з технічного

обслуговування роботи ППО і, за необхідності, проведення його налагодження (або заміна датчиків).

11 етап впровадження системи управління безпечністю (шостий крок НАССР) – встановлення процедур перевірки (аудиту).

Коли план НАССР розроблений і всі ККТ підтверджені, він повинен перевірятися через регулярні проміжки часу. Це повинно бути завданням фахівців групи НАССР з детальними знаннями щодо виробничого процесу. Перевірку (аудит) повинна проводити особа, яка не залучена до проведення моніторингу та коригувальних дій [9–10]. Перевірку ККТ 1 здійснюють начальник виробництва (щоденно), керівник групи НАССР (1 раз у 10 днів) та головний інженер (1 раз на місяць).

12 етап впровадження системи управління безпечністю (сьомий крок НАССР) – встановлення документування та реєстрації даних.

Ведення записів є невід’ємною частиною плану НАССР. Записи демонструють, що процедури виконувалися правильно з самого початку до кінця процесу, забезпечуючи простежуваність продукту. Це забезпечує фіксування відповідності встановленим критичним межам і може використовуватися для виявлення проблемних областей. Крім того, документація може використовуватися компанією в якості доказу належного виконання виробничого процесу. Паперові та електронні записи однаково прийнятні, але повинен бути розроблений метод документування, який підходить для розміру і характеру виробництва [9–10].

На ТОВ «МУККО» передбачено ведення паперових записів, оскільки у військовий час є певні проблеми з веденням електронних записів. Передбачено ведення «Журналу реєстрації температури/часу», «Журналу реєстрації результатів моніторингу КТК 1», «Звіту про виконання коригувальних дій».

Оцінка та перегляд розробленої системи НАССР при виробництві сиру м’якого Камамбер на Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО» повинні проводитися не менше одного разу на рік та включати в себе: перевірку плану НАССР; затвердження аналізу ризиків, ККТ, критичних границь та моніторингу; оцінку ККТ.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. На основі ґрунтовного аналізу технологічного процесу виробництва сиру м’якого Камамбер згідно «Дерева рішень» з метою зменшення потенційно небезпечних біологічних, фізичних і хімічних небезпечних чин-

ників розроблено схему управління безпечністю НАССР при виробництві цільового продукту на Молочній Фермі Прикарпаття ТОВ «МУККО», яка передбачає впровадження 12 етапів (у т.ч. семи кроків НАССР). Впровадження розробленої системи управління безпечністю НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер на ТОВ «МУККО» матиме як зовнішні, так і внутрішні вигоди. Зовнішні вигоди впровадження системи НАССР: створення репутації виробника якісного і безпечного сиру Камамбер; підвищення довіри споживачів до продукту; підвищення інвестиційної привабливості виробництва; можливості виходу на нові, в тому числі міжнародні, ринки, розширення вже існуючих ринків збуту, у т.ч. залучення санаторно-курортних підприємств регіону; додаткові переваги при участі у важливих тендерах; підвищення конкурентоспроможності продукції підприємства. Внутрішні вигоди впровадження системи НАССР: термін окупності капітальних вкладень при впровадженні удосконаленої системи НАССР при виробництві сиру м'якого Камамбер складе менше 1 року, що свідчить про економічну ефективність її впровадження.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Shaw M.B. The manufacture of soft, surface mould, ripened cheese in France with particular reference to Camembert // *Dairy Technology*. Vol.34, Issue 4. 1981. P. 131–138. DOI:10.1111/j.1471-0307.1981.tb01510.x
2. Чагаровський О., Дідух Е., Кондрацький С. Перспективи виробництва м'яких білих сирів в Україні // *Scientific Works*. 2024. № 87, Том 2. С. 92–102. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i2.2869>
3. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr#Text>. (дата звернення 10.03.2025 р.)
4. Про внесення змін до Закону України "Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2809-15#Text>. (дата звернення 10.03.2025 р.)
5. Безпечність харчових продуктів – один з головних пріоритетів політики Європейського Союзу. <https://dp.dpss.gov.ua/news/bezpechnist-harchovih-produktiv-odin-z-golovnih-prioritetiv-politiki-yevropejskogo-soyuzu> (дата звернення 15.03.2025 р.)
6. Безпека харчових продуктів – це важливо. <https://www.phc.org.ua/news/bezpeka-kharchovikh-produktiv-ce-vazhливо>. (дата звернення 15.03.2025 р.)
7. Що таке безпечність та якість продуктів, і хто за що відповідає? <https://hromadske.radio/publications/shcho-take-bezpechnist-ta-yakist-produktiv-i-hto-za-shcho-vidpovidaye>. (дата звернення 15.03.2025 р.)
8. Безпечність харчових продуктів – важлива умова гарантування продовольчої безпеки. <https://blagodatsnenska-gromada.gov.ua/news/1623307665/>. (дата звернення 15.03.2025 р.)
9. Система аналізу ризиків і критичних точок ХАССР. Рекомендації для молокозаводів зі зразками програм ХАССР для молочних продуктів. http://www.milkiland.nl/upload/pdf/laws/ua/Instruktsiya_HACCP.pdf. (дата звернення 10.03.2025 р.)
10. Ткаченко А.С., Басова Ю.О., Горячова О.О. Впровадження системи НАССР для операторів ринку харчових продуктів: практичний посібник / та ін.; за загальною редакцією А. С. Ткаченко. *Полтава : ПУЕТ*. 2020. 137 с.

REFERENCES:

1. Shaw M.B. (1981). The manufacture of soft, surface mould, ripened cheese in France with particular reference to Camembert. *Dairy Technology*. 34(4). 131–138. DOI:10.1111/j.1471-0307.1981.tb01510.x
2. Chagarovs'kyj O., Didux E., Kondracz'kyj S. (2024). Perspektyvy vy'robny'cztva m'yaky'x bily'x sy'riv v Ukraini (Prospects for the production of soft white cheeses in Ukraine). *Scientific Works*. 87(2). 92–102. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i2.2869>.
3. Zakon Ukrainy' «Pro osnovni pry'ncy'py' ta vy'mogy' do bezpechnosti ta yakosti xarchovy'x produktiv» (Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products"). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr#Text>. (data zvernennya 10.03.2025 r.)
4. Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukrainy' "Pro yakist' ta bezpeku xarchovy'x produktiv ta prodovol'choyi sy'rovny'" (On Amendments to the Law of Ukraine "On the Quality and Safety of Food Products and Food Raw Materials"). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2809-15#Text>. (data zvernennya 10.03.2025 r.)
5. Bezpechnist' xarchovy'x produktiv – ody'n z golovny'x priority'tiv polity'ky' Yevropejs'kogo Soyuzu (Food safety is one of the main priorities of European Union policy). <https://dp.dpss.gov.ua/news/bezpechnist-harchovih-produktiv-odin-z-golovnih-prioritetiv-politiki-yevropejskogo-soyuzu> (data zvernennya 15.03.2025 r.)
6. Bezpeka xarchovy'x produktiv – ce vazhly'vo (Food safety is important). <https://www.phc.org.ua/news/bezpeka-kharchovikh-produktiv-ce-vazhливо>. (data zvernennya 15.03.2025 r.)
7. Shho take bezpechnist' ta yakist' produktiv, i xto za shho vidpovidaye? (What is product safety

and quality, and who is responsible for what?). <https://hromadske.radio/publications/shcho-take-bezpechnist-ta-yakist-produktiv-i-hto-za-shcho-vidpovidaye>. (data zvernennya 15.03.2025 r.).

8. Bezpechnist' xarchovy'x produktiv – vazhly'va umova garantuvannya prodovol'choyi bezpeky' (Food safety is an important condition for ensuring food security). <https://blagodatnenska-gromada.gov.ua/news/1623307665/>. (data zvernennya 15.03.2025 r.).

9. Sy'stema analizu ry'zy'kiv i kry'ty'chny'x tochok XASSR. Rekomendaciyi dlya molokozavodiv zi zrazkamy' program XASSR dlya molochny'x produktiv. (Hazard Analysis and Critical Control Point

System (HACCP). Recommendations for dairies with sample HACCP programs for dairy products). http://www.milkiland.nl/upload/pdf/laws/ua/Instruktsiya_HACCP.pdf. (data zvernennya 10.03.2025 r.).

10 Tkachenko A.S., Basova Yu.O., Goryachova O.O. (2020). Vprovadzhennya sy'stemy' NASSR dlya operatoriv ry'nku xarchovy'x produktiv: prakty'chny'j posibny'k (Implementation of the HACCP system for food market operators: a practical guide). *Poltava. PUET*. 137.

*Стаття надійшла до редакції
19 березня 2025 року*

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЕРТИЗИ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА БЕЗПЕКИ ГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ

УДК 637.354.84:[633.8:581.141] : 54.021:57.02-026.81

Клименко О. Г.,

ksuklim2013@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-2862-207X, Researcher ID: KIK-3426-2024,
аспірантка 3-го року навчання, Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

НАСІННЯ ПАЖИТНИКА (TRIGONELLA FOENUM-GRÆCUM L.) – ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ СПОЛУК ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ СУЛУГУНІ

Анотація. У статті обґрунтовано доцільність використання насіння пажитника (*Trigonella foenum-græcum* L.) як функціональної рослинної добавки у виробництві сиру Сулугуні. Актуальність роботи зумовлена забезпеченням розширення асортименту оздоровчих молочних продуктів, зокрема сиру, шляхом підвищення їх харчової та біологічної цінності. Розкрито хімічний склад та біоактивні властивості насіння пажитника, що зумовлюють його цінність як компонента. У даній статті представлено інноваційний підхід до виробництва сиру сулугуні з додаванням насіння пажитника, що не лише збагачує смакові якості продукту, але й підвищує його харчову та біологічну цінність. Досліджено різні методи підготовки пажитника, включаючи вибір рослинної сировини, її обробку та оптимальні умови для інтеграції в сир. Проаналізовано ефективність різних варіантів вологотермічного оброблення насіння пажитника – проварювання та обробка парою – з урахуванням впливу цих процесів на органолептичні властивості, текстуру та безпечність, а також на придатність до внесення в сирну масу. Особлива увага приділяється аналізу впливу пажитника на структурно-механічні властивості сулугуні та його смако-ароматичні характеристики. Результати дослідження вказують на значний потенціал використання насіння пажитника як джерела натуральних біоактивних сполук, що відкриває нові перспективи для розширення асортименту підплавлених розсільних сирів з оздоровчими властивостями. Запропонована технологія розширює можливості виробництва підплавлених розсільних сирів з покращеними оздоровчими властивостями, що відповідає сучасним тенденціям розвитку харчової промисловості.

Ключові слова: пажитник, фенугрек, *Trigonella foenum-græcum* L., сулугуні, сир підплавлений розсільний, біоактивні сполуки, біологічно активні інгредієнти рослинного походження.

Klymenko O. G.,

ksuklim2013@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-2862-207X, Researcher ID: KIK-3426-2024,
postgraduate, Odesa National University of Technology, Odesa

FENUGREEK SEEDS (TRIGONELLA FOENUM-GRÆCUM L.) ARE A SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN THE PRODUCTION OF SULUGUNI CHEESE

Abstract. The article substantiates the feasibility of using fenugreek seeds (*Trigonella foenum-græcum* L.) as a functional herbal supplement in the production of Suluguni cheese. The relevance of the work is due to the expansion of the range of health-promoting dairy products, in particular cheese, by increasing their nutritional and biological value. The chemical composition and bioactive properties of fenugreek seeds, which determine its value as a component, are revealed. This article presents an innovative approach to the production of Suluguni cheese with the addition of fenugreek seeds, which not only enriches the taste of the product, but also increases its nutritional and biological value. Various methods of preparing fenugreek were investigated, including the selection of plant raw materials, its processing and optimal conditions for integration into cheese.

The effectiveness of various options for the wet-heat treatment of fenugreek seeds – boiling and steaming – was analyzed, taking into account the impact of these processes on organoleptic properties, texture and safety, as well as on the suitability for inclusion in cheese mass. Special attention is paid to the analysis of the influence of fenugreek on the structural and mechanical properties of suluguni and its taste and aromatic characteristics. The results of the study indicate a significant potential for the use of fenugreek seeds as a source of natural bioactive compounds, which opens up new prospects for expanding the range of processed brine cheeses with health-improving properties. The proposed technology expands the possibilities of producing processed brine cheeses with improved health-improving properties, which corresponds to modern trends in the development of the food industry.

Key words: fenugreek, *Trigonella foenum-graecum* L., suluguni, brined processed cheese, bioactive compounds, biologically active ingredients of plant origin.

JEL Classification: I 12, L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-11>

Постановка проблеми. Щоденні раціони харчування населення України, за даними наукових досліджень [1], дефіцитні за вмістом практично усіх нутрієнтів. У зв'язку з цим створення широкого асортименту оздоровчих продуктів для корегування раціонів харчування населення є актуальним завданням усіх галузей харчової промисловості. У розв'язанні проблеми забезпечення населення оздоровчими продуктами харчування провідна роль належить молочній промисловості. Молочні продукти є основними складовими щоденного раціону харчування переважної більшості населення. При виробництві молочних продуктів можливим є введення різноманітних біологічних добавок і таким чином корегування їх складу і харчової цінності відповідно до рекомендацій теорії адекватного харчування. За останні роки чітко означилася тенденція щодо створення продуктів, у яких молочна основа поєднується з різними рослинними добавками – злаковими, бобовими, плодоовочевими тощо.

Поєднання молочної і рослинної сировини забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення інгредієнтів, що входять до складу цих продуктів, дає змогу створювати продукти збалансованого складу цільових різновидів, підвищити харчову і біологічну цінність, а також розширити асортимент молочних продуктів, надати або підсилити їх оздоровчі властивості [2].

Різнманіття поживних речовин та біоактивних сполук у пажитнику є ключовим для використання в якості рослинної добавки. Як харчовий інгредієнт, пажитник може покращити сенсорні, поживні та нутрицевтичні якості різноманітних молочних продуктів, зокрема сиру Сулугуні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ряді наукових оглядів узагальнено сучасні дані

щодо потенціалу використання насіння пажитника в розробці функціональних харчових продуктів і нутрицевтиків. Особливо приділено увагу поживним і непоживним біологічно активним сполукам пажитника, що становлять інтерес з дієтичної точки зору, та їх застосуванню для підвищення функціональної та нутрицевтичної цінності харчових продуктів і напоїв. Розглянуто новітні наукові розробки, питання безпечності, результати клінічних досліджень та механізми дії біоактивних сполук пажитника та перспективи його подальшого застосування [3, 4].

Пажитник (фенугрек, буркотина, грецьке сіно, окладник, сіре зілля, шамбала, чаман, грибна трава, гуньба сінна) (*Trigonella foenum-graecum* L.) – однорічна культура з родини бобових, яка використовується в усьому світі як спеція для покращення смакових якостей їжі. Зазвичай використовують насіння, в цілому або розмеленому вигляді, а також свіже або висушене листя [5].

Насіння пажитника (*Trigonella foenum-graecum* L.) має багатий харчовий склад, який включає різноманітні компоненти. Терапевтичний потенціал насіння пажитника залежить від біоактивних сполук. До них відносяться білки, амінокислоти, флавоноїди, стероїдні сапоніни, кумарин, ліпіди, вітаміни, галактоманнани і алкалоїди, такі як тригонелін. Але і цим список не вичерпується – у насінні пажитника є фактично усі амінокислоти, яких потребує організм людини, разом із лізином та L-триптофаном. Мінеральний профіль насіння пажитника характеризується помітною кількістю калію, фосфору, магнію та кальцію, а також важливими дієтичними мікроелементами, а саме залізом, цинком, міддю, марганцем і селеном [6, 7, 8].

Чотири групи природних непоживних фітохімічних біоактивних сполук, присутніх у пажит-

нику, виділяються своїм потенційним корисним впливом у профілактиці та терапії різноманітних захворювань:

- алкалоїди, особливо трігонелін, який здатний перешкоджати дегенерації нервових клітин, стимулює мозкові функції, пов'язані із пам'яттю і просторовим мисленням;
- флавоноїди – ці речовини відомі своїми антиоксидантними та протизапальними властивостями; вони сприяють захисту клітин від дії вільних радикалів;
- галактоманнани – пребіотики, які підтримують здоров'я кишкової мікрофлори, оскільки є харчовим матеріалом для корисних бактерій у кишечнику;
- фітостерини (діосгенін, ямогенін, гітогенін, тітогенін) здатні конкурувати з холестерином за всмоктування в кишечнику. Вони зменшують всмоктування холестерину з їжі, що приводить до зниження рівня загального та "поганого" (LDL) холестерину в крові, що зменшує ризик серцево-судинних захворювань. Діосгенін сприяє лактації, він має гіпохолестеринемічний, гастро- та гепатозахисний, антиоксидантний, протизапальний, протидіабетичний та протиканцерогенний вплив [8, 9, 10, 11].

Цікавий смак насіння пажитника, в якому наявні солодкість і гіркота, а також грибні і горіхові відтінки, робить його популярною спецією для різних харчових продуктів. Завдяки своїм смаковим властивостям, насіння пажитника часто використовується для надання стравам додаткової глибини і складності смаку.

Постановка завдання. Традиційно в молочній галузі пажитник додають в тверді та напівтверді сири. Використання пажитника у виробництві сиру Сулугуні, який виготовляється із застосуванням технологічних прийомів чеддеризації та підпалення сирної маси, потребує врахування специфічних смакових характеристик насіння та його впливу на структуру і консистенцію сиру. Сир Сулугуні відноситься до групи підпалених розсільних сирів із пластично-шаруватою структурою. Насіння пажитника мають гіркуватий смак, який може обмежити його використання та прийнятність у харчовій промисловості. Тому завданням було відібрати зразки насіння пажитника з приємним смаком і ароматом та визначити раціональні параметри оброблення насіння перед внесенням в сирну масу, дослідити вплив різних методів попереднього оброблення пажитника на структуру, консистенцію та органолептичні властивості сиру Сулугуні з забезпеченням стабільної

якості продукту та збереженням властивої йому пластичної шаруватої структури.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Гіркуватий присмак пажитника є результатом взаємодії кількох факторів. Основним чинником є хімічний склад насіння, зокрема наявність глікозидів, таких як сапоніни і трігонелін, які надають насінню характерний гіркий смак. Стадія дозрівання також впливає на смакові властивості: молоді насіння можуть бути менш гіркими порівняно з повністю дозрілими. Обробка і зберігання насіння після збору також можуть змінювати його смак. Наприклад, обсмажене насіння має менш виражену гіркоту і набуває більш пряного смаку в порівнянні з сирим насінням. Крім того, різні сорти пажитника демонструють різні рівні гіркоти, що може бути пов'язане з умовами вирощування. Гіркуватість насіння пажитника можна усунути за допомогою різного оброблення перед використанням в їжу, як замочування, пророщування, кип'ятіння, оброблення парою тощо [12].

Для дослідження було придбано три зразки насіння пажитника у різних постачальників для порівняльної оцінки їх смакових характеристик. Оцінку проводили з метою визначення варіацій у гіркоті та пряності між зразками. Результати показали суттєві відмінності у смакових властивостях: один зразок вирізнявся відносно м'якшим гірким присмаком і легшим прямим відтінком, у порівнянні з іншими, які демонстрували більш виражену гіркоту та інтенсивний бобовий присмак та трав'янистий аромат. За результатами органолептичного аналізу зроблено вибір на користь зразка, який продемонстрував оптимальне поєднання помірної гіркоти та збалансованого пряного смаку, що є найпридатнішим для подальшого використання у виробництві сиру.

Перед внесенням до сирної маси насіння пажитника необхідно ретельно підготувати у кілька етапів. Спочатку насіння очищають від домішок і промивають, щоб видалити пил та інші забруднення. Потім насіння необхідно піддати термічному обробленню для часткового усунення гіркоти та вологому обробленню для розм'якшення структури перед внесенням. Вологотермічне оброблення сприяє руйнуванню антипоживних сполук, таких як фітинова кислота, яка є однією з біоактивних сполук, що містяться в насінні пажитника та здатна зв'язувати мінерали, такі як кальцій, залізо, магній і цинк, утворюючи нерозчинні комплекси, що знижує їхню біодоступність і засвоєння в організмі, що є важливими для якості та користі сиру. Також волого-

термічне оброблення при температурі 100 °C та вище сприяє зниженню мікробної контамінації насіння, що є важливим для забезпечення якості та безпечності продукту, запобігає псуванню сиру та покращує мікробіологічну стабільність продукту протягом усього терміну зберігання.

Для підготовки насіння пажитника перед внесенням у сирну масу було обрано два види вологотермічного оброблення: проварювання в киплячій воді при температурі 100 °C протягом 10 хвилин та витримку над гострою парою з температурою 105±3 °C протягом 20 хвилин. Обидва методи були обрані завдяки їхній здатності оптимально підготувати насіння перед додаванням до сирної маси, враховуючи як технологічні, так і органолептичні аспекти. Обидва методи є доступними, простими в реалізації та легко інтегруються в технологічний процес виготовлення сиру.

Оптимальну частку внесення насіння пажитника до сиру визначали з аналізу рецептурних рішень, застосованих при виготовленні інших видів сирів із додаванням пажитника. На підставі цих даних прийнято рішення про доцільність внесення 2% насіння пажитника від маси сиру, що забезпечує збалансований вплив на органолептичні властивості, текстуру та харчову цінність продукту.

Експериментальні дослідження по внесенню обробленого насіння пажитника в сир Сулугуні було проведено в умовах кафедри технології молока, олійно-жирових продуктів та індустрії краси Одеського національного технологічного університету

Для проведення органолептичної оцінки Сулугуні з пажитником було підготовлено три зразки сиру: два з додаванням пажитника, що піддавався різним методам вологотермічного оброблення перед внесенням, та один зразок без додавання пажитника для порівняння. Перший зразок використовували як контрольний, що дозволило оцінити вплив додавання та оброблення пажитника на смак, аромат і текстуру сиру. У другий зразок додавали насіння, яке піддавали проварюванню в киплячій воді протягом 10 хвилин. Це забезпечило м'яку текстуру насіння та знижений рівень гіркоти, проте призвело до часткового порушення цілності зерняток насіння. До третього зразка додавали насіння пажитника, витримане над гострою парою протягом 20 хвилин. Цей метод підготовки насіння зберіг більше прямих ароматичних ноток, водночас м'яко вплинувши на

текстуру насіння, не порушивши цілісності зерняток.

Партію дослідних зразків сиру Сулугуні було вироблено за традиційно прийнятою технологією [13], яка складалася з таких основних операцій:

- визрівання сиропридатного молока до pH 6,54...6,49;

- пастеризація при температурі 65°C з витримкою 30 хв. та охолодження суміші до температури зсідання;

- послідовне внесення, при постійному перемішуванні, в суміш кальцію хлориду (40-вий розчин), заквашувального та ферментного препаратів;

- утворення згустку при температурі 31-33°C, тривалість 30-45 хв, кислотність по закінченню pH 6.36...6,28;

- розрізання згустку, становлення сирного зерна, з подальшим нагріванням до температури 36-38°C за постійного помішування для отримання сирного зерна розміром 8-15 мм протягом 10-15 хв;

- чеддеризація сирної маси при температурі 36-38°C для зниження активної кислотності (до pH=5,2-5,0), тривалість – від 1,5 до 3,0 год.

Після чеддеризації сирний пласт розрізали та переносили в тістомісильну машину, в яку додавали нагріту до температури 70-80°C сироватку. Кінець замішування сирної маси визначали за отриманням однорідної в'язкої консистенції. Після цього розплавлений матеріал переносили на стіл для замішування та формування сиру. Оброблене насіння пажитника вносили в сирну масу після процесу термопластифікації, безпосередньо перед формуванням сирної головки. Такий підхід дозволив рівномірно розподілити насіння в масі та забезпечити його оптимальну інтеграцію в структуру сиру. Внесення пажитника на цьому етапі мінімізує ризик пошкодження зерен під час подальшої обробки та гарантує, що ароматичні та смакові властивості зберігаються в кінцевому продукті, підкреслюючи бажаний смаковий профіль сиру.

Сформовані, охолоджені і ущільнені сирні головки поміщали у форми для самопресування та охолодження, потім поміщали головки в сироватковий розсіл з концентрацією солі 14-16 % і температурою не вище 8-12°C на 4 години.

Зразки сиру Сулугуні із додаванням обробленого насіння пажитника після різних методів оброблення наведено на рис. 1 та рис. 2. На фотографіях чітко видно особливості структури та рівномірність розподілу насіння у сирній масі.



Рис. 1. Зразок 2 – сир Сулугуні з додаванням насіння пажитника після оброблення у киплячій воді



Рис. 2. Зразок 3 – сир Сулугуні з додаванням насіння пажитника після оброблення гострою парою

Після завершення технологічного процесу провели органолептичну оцінку дослідних зразків. Органолептичний аналіз проводили за такими критеріями: аромат, смак, консистенція та зовнішній вигляд продукту.

Органолептичний аналіз виявив відмінності між зразками у смаку, ароматом та консистенцією, що дозволило оцінити переваги кожного методу підготовки пажитника для виробництва сиру Сулугуні. Результати оцінки дозволили порівняти вплив різних методів підготовки пажитника на смаковий профіль сиру та визначити оптимальний варіант для подальшого використання у виробництві.

Результати органолептичного оцінювання дослідних зразків сиру наведено в табл. 1.

Дані експериментальних досліджень (табл. 1) свідчать про те, що перед внесенням до сирної маси фенугрек слід пропарювати гарячою парою протягом 20 хв.; при цьому зерна набувають приємного горіхового смаку, аромату, мають розм'якшену консистенцію і гармонійно поєднуються з розплавленою сирною масою, надаючи оригінальних смакових ноток цільовому про-

дукту. Цей метод краще зберіг цільність зерен, що позитивно вплинуло на текстуру сиру, забезпечивши рівномірний розподіл зерен без надмірної гіркоти, але з більш насиченим ароматом. Збереження природного вигляду насіння після оброблення гострою парою дозволяє створити більш натуральний вигляд сиру, що може бути важливим для зовнішнього вигляду цільового продукту. В той же час проварене насіння може бути кращим для м'яких сирів, де м'яка та ніжна текстура гармонійно поєднується з насінням та додає збалансований смак, що має велике значення, оскільки воно зберігає аромат і не змінює текстуру продукту під час тривалого зберігання.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Завдяки багатому складу поживних речовин, пажитник має потенціал для підвищення оздоровчих властивостей сиру та забезпечення додаткових переваг для здоров'я споживачів. Попереднє оброблення насіння пажитника є важливим етапом у виробництві сиру. Це дозволяє не лише поліпшити смакові характеристики, але й підвищити біодоступність поживних речовин. Вибір насіння

Таблиця 1

Органолептичні показники зразків сиру Сулугуні

Показник	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Зовнішній вигляд	Зморшкувата поверхня без скоринки і ослизнення, з слідами від форми	Зморшкувата поверхня без скоринки і ослизнення, з слідами від форми, поодинокими нерівностями на поверхні за рахунок зерняток пажитника та оболонки насіння	Зморшкувата поверхня без скоринки і ослизнення, з слідами від форми, поодинокими нерівностями на поверхні за рахунок зерняток пажитника
Колір	Білий, рівномірний по всій масі	Нерівномірно білий, злегка жовтуватий, з нерівномірним розподілом цілих зерняток пажитника та оболонки з насіння	Білий, з рівномірним розподілом цілих зерняток пажитника по всій масі
Аромат	Чистий кисломолочний, без сторонніх присмаків	Чистий кисломолочний, з яскравим маслянистим горіховим присмаком	Чистий кисломолочний, з легким горіховим присмаком
Консистенція	Ніжна, пружна, трохи шарувата, без бульбашок повітря з невеликою кількістю рідини, що витікала під час розрізання	Ніжна, пружна, шарувата консистенція без бульбашок повітря, під час розрізання поодинокі вкраплення цілого насіння пажитника та багато дрібних вкраплень оболонки насіння	Ніжна, пружна, трохи шарувата консистенція без бульбашок повітря, під час розрізання є поодинокі вкраплення цілого насіння пажитника
Смак	Достатньо солоний, сирний, злегка кисломолочний смак	Достатньо солоний, сирний, злегка кисломолочний смак з гіркувато-гострим горіховим присмаком	Достатньо солоний, сирний, злегка кисломолочний смак з приємним горіховим присмаком з легкою гостринкою

залежить не тільки від його хімічного складу, але й від стадії дозрівання та способів попереднього оброблення, що підтверджує важливість комплексного підходу до оцінки смакових якостей насіння пажитника. Подальші дослідження в цій галузі можуть відкрити нові горизонти для інновацій у виробництві таких сирів, як Сулугуні, сприяючи створенню більш здорових та смачних продуктів, що відповідають вимогам сучасних споживачів.

Перспективи подальших досліджень в даному напрямку вивчення впливу пажитника на мікробіологічну стабільність та тривалість визрівання і зберігання сиру Сулугуні. Важливим напрямком є дослідження зміни біохімічного складу та харчової цінності продукту в процесі визрівання та зберігання. Подальші дослідження також мають бути спрямовані на оптимізацію технологічного процесу виробництва з урахуванням економічної доцільності та споживчих уподобань, що забезпечують перспективи промислового впровадження отриманих результатів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О., Науменко Р.Ю. Наукове обґрунтування вибору нутрієнтів,

адекватних потребам людини. Scientific look at the present: Proceedings of XXXVII International scientific conference. Morrisville: Lulu Press, 2018. С. 9-12

2. Essa MM, Bishir M, Bhat A, Chidambaram SB, Al-Balushi B, Hamdan H, Govindarajan N, Freidland RP, Qoronfleh MW. Functional foods and their impact on health. *J Food Sci Technol*. 2023 Mar;60(3):820-834. doi: 10.1007/s13197-021-05193-3. Epub 2021 Jul 8. PMID: 36908338; PMCID: PMC9998796.

3. Alu'datt MH, Rababah T, Al-Ali S, Tranchant CC, Gammoh S, Alrosan M, Kubow S, Tan TC, Ghatasheh S. Current perspectives on fenugreek bioactive compounds and their potential impact on human health: A review of recent insights into functional foods and other high value applications. *J Food Sci*. 2024 Apr;89(4):1835-1864. doi: 10.1111/1750-3841.16970. Epub 2024 Feb 26. PMID: 38407443.

4. Sajad Ahmad Wani, Pradyuman Kumar, Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 17, Issue 2, 2018, Pages 97-106, ISSN 1658-077X, <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.007>

5. Товарознавство плодоовочевої продукції: навч. посібник /Л.М. Пузік, О.В. Куц, В.А. Бон-

даренко, С.О. Щербина. Х.: ДБТУ, ІОБНААН, 2022. 370 с., УДК 620.2: [664+63.002.64] /ББК Л 80-9 /К60

6. El-Sayed, Magdi & Abdel-Farid, Ibrahim & Mahalel, Usama. (2021). Metabolomic Profiling and Antioxidant Activity of *Trigonella foenum-graecum* and *Trigonella hamosa*. *Egyptian Journal of Botany*. 61. 10.21608/EJBO.2021.61795.1625

7. Salam SGA, Rashed MM, Ibrahim NA, Rahim EAA, Aly TAA, Al-Farga A. Phytochemical screening and in-vitro biological properties of unprocessed and household processed fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) seeds and leaves. *Sci Rep*. 2023 Apr 29;13(1):7032. doi: 10.1038/s41598-023-31888-y. PMID: 37120447; PMCID: PMC10148852.

8. Pushpa Ruwali, Niharika Pandey, Khusboo Jindal, Rahul Vikram Singh, Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): Nutraceutical values, phytochemical, ethnomedicinal and pharmacological overview, *South African Journal of Botany*, Volume 151, Part B, 2022, Pages 423-431, ISSN 0254-6299, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.014>.

9. Shinde Puja M, Sancheti Vp, Prajapati Ashish D Sh. Phytochemical screening and study of antioxidant activity of fenugreek seed, Research article, *International Journal Of Phytotherapy Research*, Volume 5 Issue 1, 2015, ISSN 2278 – 5701

10. Neetu Singh, Surender Singh Yadav, Sanjiv Kumar, Balasubramaniam Narashiman. Ethnopharmacological, phytochemical and clinical studies on Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), *Food Bioscience*, Volume 46, 2022, 101546, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101546>.

11. Gavahian, M., Bannikoppa, A. M., Majzoobi, M., Hsieh, C. W., Lin, J., & Farahnaky, A. (2023). Fenugreek bioactive compounds: A review of applications and extraction based on emerging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(28), 10187–10203. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2221971>

12. Garima Dwivedi, Sadhna Singh, Deepti Giri. Effect of varieties and processing on nutritional composition of fenugreek seeds. *Pharma Innovation* 2019;8(12):68-72.

13. Сухенко Ю.Г., Поліщук Г.Є., Раманаскас Р.Й., Шингарева Т.І. Технологія сиру. Вид-во «Профкнига». 2018. 412 с. ISBN 978-617-598-122-1.

REFERENCES:

1. Simakhina H.O., Stetsenko N.O., Naumenko R.Iu. Naukove obgruntuvannia vyboru nutriientiv, adekvatnykh potrebam liudyny. Scientific look at the present: Proceedings of XKKhVII International scientific conference. Morrisville: Lulu Press, 2018. C. 9-12

2. Essa MM, Bishir M, Bhat A, Chidambaram SB, Al-Balushi B, Hamdan H, Govindarajan N, Freidland RP, Qoronfleh MW. Functional foods and their impact on health. *J Food Sci Technol*. 2023 Mar;60(3):820-834. doi: 10.1007/s13197-021-05193-3. Epub 2021 Jul 8. PMID: 36908338; PMCID: PMC9998796.

3. Alu'datt MH, Rababah T, Al-Ali S, Tranchant CC, Gammoh S, Alrosan M, Kubow S, Tan TC, Ghatasheh S. Current perspectives on fenugreek bioactive compounds and their potential impact on human health: A review of recent insights into functional foods and other high value applications. *J Food Sci*. 2024 Apr;89(4):1835-1864. doi: 10.1111/1750-3841.16970. Epub 2024 Feb 26. PMID: 38407443.

4. Sajad Ahmad Wani, Pradyuman Kumar, Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 17, Issue 2, 2018, Pages 97-106, ISSN 1658-077X, <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.007>

5. Товарознавство плодоовочевої продукції: навч. посібник /Л.М. Пузик, О.В. Кутс, В.А. Бондаренко, С.О. Шчербина. – Х.: ДБТУ, ІОБНААН, 2022. – 370 с., УДК 620.2: [664+63.002.64] /ББК Л 80-9 /К60

6. El-Sayed, Magdi & Abdel-Farid, Ibrahim & Mahalel, Usama. (2021). Metabolomic Profiling and Antioxidant Activity of *Trigonella foenum-graecum* and *Trigonella hamosa*. *Egyptian Journal of Botany*. 61. 10.21608/EJBO.2021.61795.1625

7. Salam SGA, Rashed MM, Ibrahim NA, Rahim EAA, Aly TAA, Al-Farga A. Phytochemical screening and in-vitro biological properties of unprocessed and household processed fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) seeds and leaves. *Sci Rep*. 2023 Apr 29;13(1):7032. doi: 10.1038/s41598-023-31888-y. PMID: 37120447; PMCID: PMC10148852.

8. Pushpa Ruwali, Niharika Pandey, Khusboo Jindal, Rahul Vikram Singh, Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): Nutraceutical values, phytochemical, ethnomedicinal and pharmacological overview, *South African Journal of Botany*, Volume 151, Part B, 2022, Pages 423-431, ISSN 0254-6299, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.014>.

9. Shinde Puja M, Sancheti Vp, Prajapati Ashish D Sh. Phytochemical screening and study of antioxidant activity of fenugreek seed, Research article, *International Journal Of Phytotherapy Research*, Volume 5 Issue 1, 2015, ISSN 2278 – 5701

10. Neetu Singh, Surender Singh Yadav, Sanjiv Kumar, Balasubramaniam Narashiman. Ethnopharmacological, phytochemical and clinical studies on Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), *Food Bioscience*, Volume 46, 2022, 101546, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101546>.

11. Gavahian, M., Bannikoppa, A. M., Majzoobi, M., Hsieh, C. W., Lin, J., & Farahnaky, A. (2023). Fenugreek bioactive compounds: A review of applications and extraction based on emerging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(28), 10187–10203. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2221971>

12. Garima Dwivedi, Sadhna Singh, Deepti Giri. Effect of varieties and processing on nutritional

composition of fenugreek seeds. *Pharma Innovation* 2019;8(12):68-72.

13. Sukhenko Yu.H., Polishchuk H.Ie., Ramanauskas R.I., Shynhareva T.I. *Tekhnolohiia syru. // Vyd-vo «Profknyha»*. – 2018. – 412 s. ISBN 978-617-598-122-1.

*Стаття надійшла до редакції
25 березня 2025 року*

УДК 663/664.0:335

Маслійчук О. Б.,

*maslijchukolia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2045-9284,
к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи та харчових технологій,
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів*

Сімахіна Г. О.,

*galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114,
д.т.н., професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ*

Іжєвська О. П.,

*orisyaz@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1700-4676,
к.т.н., доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу,
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, м. Львів*

ЗАСТОСУВАННЯ КРАФТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕГІДРАТОВАНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Анотація. Встановлено необхідність забезпечувати високоякісних та доступних крафтових продуктів харчування, що не лише відтворюють енергетичні витрати організму, а й позитивно впливають на нормалізацію життєдіяльності військовослужбовців. Проведено аналіз сухих наборів, що споживаються військовослужбовцями Збройних Сил України, Сполучених Штатів Америки, Великобританії, Іспанії за основними характеристиками. За показниками енергетичної цінності та ваги значно відрізняються сухі пайки, що використовуються в США. Застосовано крафтові технології дегідратованого продукту для харчування військовослужбовців. Це дає можливість варіювати асортимент та забезпечувати різноманітність в харчуванні, що є особливо важливим у військових умовах, де монотонність їжі може негативно вплинути на моральний стан військовослужбовців.

Розроблено рецептури та проведено сенсорний аналіз дегідратованих м'ясних оздоровчих кабаносів із заміною 10% м'яса яловичини на білкові неактивні дріжджі ExtraCell GSH-НС ПрАТ «Компанія Ензим» Україна. Визначено харчову цінність сухих неактивних дріжджів, та встановлено, що вони містять 55% – білка, 1.4% – жиру, 8.2% – вуглеводів, 11% – клітковини, а також вітаміни В, залізо, цинк та магній, амінокислоти та глутатіону міститься 2.5 – 3.5%. Досягнуто стабілізації кольору та проведено апробацію дегідратованого продукту для харчування військовослужбовців, які перебувають у екстремальних умовах. Розроблено та апробовано технологію виготовлення крафтових кабаносів із додаванням порошку шовковиці та виноградних шкірок. Кabanоси є багатим джерелом білка та жиру, що надає енергію під час фізичних навантажень. Вони також мають тривалий термін зберігання, що робить їх зручним і практичним вибором для використання в польових умовах. Завдяки своєму невеликому розміру і зручності у вживанні, кабаноси можуть бути легко включені до сухпайка, що дозволяє Захисникам швидко та просто отримувати необхідні поживні речовини.

Ключові слова: крафтовий продукт для військовослужбовців, кабаноси, дегідратований продукт.

Masliichuk O. B.,

*maslijchukolia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2045-9284
Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business and Food Technologies,
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv*

Simakhina G.O.,

*galinasimahina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7836-3114,
Professor, Head of the Department of Health Products Technology,
National University of Food Technologies, Kyiv*

Izhevska O. P.,

orisyaiz@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1700-4676,

Associate Professor, Associate Professor at the Department of Hotel and Restaurant Business,

Ivan Bobersky Lviv State University of Physical Culture, Lviv

APPLICATION OF CRAFT TECHNOLOGIES OF DEHYDRATED PRODUCT FOR MILITARY PERSONNEL

Abstract. *The need to provide high-quality and affordable craft food products that not only reproduce the body's energy expenditure but also have a positive impact on the normalisation of military personnel's life has been established. The article analyses dry rations consumed by the military personnel of the Armed Forces of Ukraine, the United States of America, Great Britain, and Spain by their main characteristics. In terms of energy value and weight, the dry rations used in the USA differ significantly. Craft technologies of dehydrated products for military personnel were applied. This makes it possible to vary the range and provide a variety of food, which is especially important in military conditions, where monotony of food can negatively affect the morale of the military.*

Formulations were developed and sensory analysis of dehydrated meat health kabanos with the replacement of 10% of beef meat with protein inactive yeast ExtraCell GSH-HC produced by PJSC 'Enzyme Company' Ukraine was carried out. The nutritional value of dry inactive yeast was determined and found to contain 55% protein, 1.4% fat, 8.2% carbohydrates, 11% fibre, as well as vitamins B, iron, zinc and magnesium, amino acids and glutathione in the amount of 2.5-3.5%. The colour stabilisation was achieved and the dehydrated product was tested for nutrition of military personnel in extreme conditions. The technology for making craft cabanas with mulberry powder and grape skins was developed and tested. Cabanas are a rich source of protein and fat, providing energy during physical activity. They also have a long shelf life, making them a convenient and practical choice for use in the field. Due to their small size and ease of consumption, wild boars can be easily included in dry rations, allowing Defenders to get the nutrients they need quickly and easily.

Key words: craft product for military personnel, cabanas, dehydrated product.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-12>

Постановка проблеми. В Україні вимоги до раціону харчування військовослужбовців регламентуються постановою Кабінету Міністрів України № 426 «Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил та інших військових формувань» від 29 березня 2002 р. Впродовж 2018 – 2019 рр. ЗСУ перейшли на нову систему харчування згідно наказу Міністра оборони України № 591 «Про затвердження Каталогу продуктів харчування» від 15 листопада 2019 р. Сухпайки як країн НАТО, так і України забезпечують харчові потреби (енергетичних, макро- та мікроелементів) військовослужбовців, які несуть службу у різноманітних кліматичних умовах. Добовий набір продуктів ДПНП-Р для військовослужбовців ЗСУ відповідає вимогам сухпайків країн НАТО, містить достатню різноманітність харчових продуктів (страв), враховує релігійні, етнічні та культурні особливості, біологічно повноцінний за макро- та мікронутрієнтами складом, відповідає вимогам за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, простий у використанні, придат-

ний до тривалого споживання задля збереження здоров'я, забезпечення високої боєздатності військовослужбовців ЗСУ при виконанні будь-якої складності бойових завдань.

Військовослужбовців необхідно забезпечувати високоякісними та доступними продуктами харчування, що не лише відтворюють енергетичні витрати організму, а й позитивно впливають на нормалізацію його життєдіяльності. За висновками фахівців з фармаконутріціології, саме таке харчування в сучасних військових умовах є запорукою відновлення й підтримання на належному рівні здоров'я кожного бійця та є гарантом збереження генофонду нації [1, 2, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Боєздатність Збройних Сил України та ефективність виконання ними поставлених завдань у значній мірі залежить від рівня працездатності, фізичної та психоемоційної витривалості, тривалої концентрації уваги бійців, функціональних резервів їх організму, що визначається, серед іншого, якістю харчування. В умовах агресії, розгорнутої проти нашої держави, виникає гостра

необхідність забезпечення військовослужбовців безпечним та якісним харчуванням [1, 3, 6].

Різноманітність раціонів пайків, їх комплектація, технологічні (реторт-пакети) та тактичні (безполуменеві нагрівачі) інновації є суттєвим кроком в напрямку оптимізації харчування військовослужбовців Збройних Сил України. Відповідне харчування з точки зору якості та кількості, а також адекватна гідратація необхідні для забезпечення фізичної здатності та розумової працездатності військовослужбовців на оптимальному рівні [1].

Сухпайки як країн НАТО, так і України забезпечують харчові потреби (енергетичних, макрота мікроелементів) військовослужбовців, які несуть службу у різноманітних кліматичних умовах.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка крафтового дегідратованого продукту для військовослужбовців, а саме кабаносів із додаванням 10% неактивних білкових дріжджі ExtraCell GSH-НС ПрАТ «Компанія Ензим» Україна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сухий пайок – харчовий раціон (набір продуктів), призначений для харчування військовослужбовців за неможливості приготування гарячих страв, що має забезпечувати добову потребу в есенційних нутрієнтах та енергії [4].

Проведено аналіз сухих наборів, що споживаються військовослужбовцями Збройних Сил України, Сполучених Штатів Америки, Великобританії, Іспанії за основними характеристиками. За показниками енергетичної цінності та ваги значно відрізняються сухі пайки, що використовуються в США [5, 7].

Так, вага пайка складає 500 -700 г, тоді як енергетична цінність – 6300 ккал. При цьому вміст білків, жирів, вуглеводів складає відповідно 141, 134, 252 г, що забезпечує добову потребу в основних нутрієнтах (табл. 1).

Додавання кабаносів до сухпайків для військових може суттєво покращити харчову цін-

ність раціону та задовольнити смакові потреби Захисників. Кабаноси – це продукт, який виготовляється не лише зі свинини, але й з інших видів м'яса, таких як яловичина, курятина або індичка. Це дає можливість варіювати асортимент та забезпечувати різноманітність в харчуванні, що є особливо важливим у військових умовах, де монотонність їжі може негативно вплинути на моральний стан військовослужбовців.

Кабаноси є багатим джерелом білка та жиру, що надає енергію під час фізичних навантажень. Вони також мають тривалий термін зберігання, що робить їх зручним і практичним вибором для використання в польових умовах. Завдяки своєму невеликому розміру і зручності у вживанні, кабаноси можуть бути легко включені до сухпайка, що дозволяє Захисникам швидко та просто отримувати необхідні поживні речовини [8].

Крім того, кабаноси можуть мати різноманітні смаки завдяки використанню різних спецій, маринадів та добавок, що робить їх більш привабливими для споживання. Це може підвищити задоволеність від їжі та підтримувати позитивний настрій військовослужбовців, особливо в умовах стресу та фізичних навантажень.

Як альтернативу збагачення білком дегідратованих продуктів харчування для військовослужбовців, нами було обрано неактивні білкові дріжджі ExtraCell GSH-НС ПрАТ «Компанія Ензим» Україна.

Продукт порошкоподібний, від світло бежевого до жовтого кольору, має пікантний смак з горіховими нотками. Не містить глютену.

Нами визначено харчову цінність в 100 г: калорійність – 287 кКал, білка – 55%, жиру – 1.4%, вуглеводи – 8.2%, клітковина – 11%, глутатіон – 2.5 – 3.5%. Вологість 8%.

Збагачені вітамінами В, залізом, цинком та магнієм, амінокислотами, що зміцнюють імунну систему та покращують роботу шлунково-кишкового тракту. Глутатіон блокує негативний вплив токсичних речовин на клітини головного мозку

Таблиця 1

Основні характеристики сухих наборів

Країна	Вага, кг	Енергетична цінність, ккал	Вміст основних нутрієнтів		
			Білки	Жири	Вуглеводи
Україна	1,7	4200	130	136	151
США	0,5-0,7	6300	141	134	252
Великобританія	1,5	4000	95	185	375
Іспанія	1,7	5340	124	168	418

і печінки, підвищує витривалість організму, зміцнює імунітет, запобігає депресії і покращує роботу головного мозку, знижуючи ризик розвитку захворювань нервової системи.

Нами розроблено рецептуру дегідратованих м'ясних ковбасок із заміною 10% м'яса яловичини на білкові неактивні дріжджі. Складено технологічну схему виробництва та проведено волонтерську апробацію виготовлення дегідратованого продукту харчування у раціоні військово-вслужбовців.

Стабілізації кольору продукту досягнена додаванням порошку шовковиці та виноградних шкірок (рис. 1).

Білкові неактивні дріжджі піддають холодній гідратації у співвідношенні 1:2. Визначено рН – 6,35 та ВЗЗ – 84,24%.

Відсоткове співвідношення сировини оздоровчих кабаносів представлено в табл. 2.

Для апробації використали технологію кабаносів із додаванням порошку шовковиці (рис. 3 А) та порошку виноградних шкірок (рис. 3 Б).



Рис. 1. Визначення кольору системою EST Tintorama Color 5



Рис. 2. Визначення вологозв'язувальної здатності гідратованих неактивних дріжджів

Таблиця 2

Оздоровчі кабаноси

№ з/п	Назва сировини	%
1	Яловичина	90
2	Сіль нітритна (нітрит натрія 0,6%)	2
3	Перець чорний мелений	0,2
4	Паприка	1,5
5	Перець чилі мелений	0,1
6	Часник сушений	0,6
7	Гідратовані 1:2 неактивні білкові дріжджі ExtraCell GSH-НС ПрАТ «Компанія Ензим» Україна	10



Рис. 3. А. Кабаноси із шовковицею; Б. Кабаноси із виноградом

Таким чином, інтеграція кабаносів до сухпайків може стати ефективним рішенням для задоволення харчових потреб військових, покращуючи їхнє фізичне самопочуття та моральний дух.

Отже, споживання оздоровчих продуктів можна вважати одним із найбільш діючих і економічно обґрунтованих шляхів корекції наявного дефіциту необхідних речовин в екстремальних умовах життєдіяльності й військовослужбовців також.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отримані результати дозволяють вважати, що, завдяки розробці рецептури дегідратованих м'ясних оздоровчих кабаносів із заміною 10% м'яса яловичини на білкові неактивні дріжджі можна частково вирішити проблему білкового дефіциту харчування та розширити асортимент продуктів для військовослужбовців, які перебувають у екстремальних умовах війни.

Досліджено харчову цінність сухих неактивних дріжджів, та встановлено, що вони містять 55% – білка, 1.4% – жиру, 8.2% – вуглеводів, 11% – клітковини, а також вітаміни В, залізо, цинк та магній, амінокислоти та глутатіону міститься 2.5 – 3.5%, який блокує негативний вплив токсичних речовин на клітини головного мозку і печінки, підвищує витривалість організму, зміцнює імунітет, запобігає депресії і покращує роботу головного мозку, знижуючи ризик розвитку захворювань нервової системи.

Визначено рН – 6.35 та ВЗЗ – 84.24% гідратованих 1:2 неактивних дріжджів. Стабілізації кольору кабаносів було досягнуто завдяки харчовим волокнам винограду та нітритної солі (0,6%) компанії Pro-Fiber застосовуючи систему EST Tintorama Color 5.

Розроблено та апробовано технологію виготовлення крафтових кабаносів із додаванням порошку шовковиці та виноградних шкірок. Проведено сенсорний аналіз дегідратованого

продукту для військовослужбовців та визначено перспективи подальших наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Харчування військовослужбовців : навчальний посібник / У.Б. Лотоцька-Дудик та ін. Львів-Вінниця: ТОВ «Твори». 2023. 76 с.
2. Лотоцька-Дудик У. Б., Крупка, Н. О., Чорна В. В. Сучасний стан та організація харчування військовослужбовців Збройних Сил України в умовах російської агресії проти України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Медицина*. 2023. 1 (67). С. 89-94. <https://doi.org/10.32782/2415-8127.2023.67.16>
3. Маслійчук О. Б., Сімахіна Г. О., Науменко, Н. В. Наукові засади розроблення продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024. (6). С. 120-131. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14>
4. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Михайлова Р. В., Маслійчук О. Б. Концептуальні засади формування комбінованого харчового раціону для екстремальних умов життєдіяльності. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2024. 30 (3). С. 144-155. Вилучено <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/d8738736-1d77-4707-bebf-cd3b43678554/download>
5. Kullen Ch., Mitchell L., O'Connor H., Gifford J. A, Beck K. L. Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*. 2022. 80(6). P. 1664-1693.
6. Чорна В. В., Лотоцька-Дудик У.Б., Подоляк В. М., Томашевський А. В. Вимоги до новітніх індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців ЗС України та країн НАТО. *Український журнал військової медицини*. 2023. 4(1). С. 83-93. DOI:10.46847/ujmm.2023.1(4)-083
7. Forys-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R. The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health*

nutrition. 2020. 23(17). 3059-66. DOI: 10.1017/S1368980020001238

8. Masliychuk O., Naumenko N., Mezhubovsky O., Simakhina G. Dietary supplements from button mushrooms for the diets of military personnel. *European Science*. 2024. 1(sge26-01). P. 140–148. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-26-00-028>

REFERENCES:

1. Kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv : navchalnyi posibnyk (2023). U.B. Lototska-Dudyk ta in., Lviv-Vinnytsia. – 76 s.

2. Lototska-Dudyk U. B., Krupka N. O., Chorna V. V. (2023). Suchasnyi stan ta orhanizatsiia kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv Zbroinykh Syl Ukrainy v umovakh rosiiskoi ahresii proty Ukrainy. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia "Medytsyna"*. 1(67). 89-94 s.

3. Masliichuk O. B., Simakhina H. O., Naumenko N. V. (2024). Naukovi zasady rosooblennia produktiv z pidvyshchenym vmistom bilka v ratsioni kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*. (6). 120-131 s.

4. Simakhina H. O., Naumenko N. V., Mykhailova R. V., Masliichuk, O. B. (2024). Kontseptualni zasady formuvannia kombinovanoho kharchovoho ratsionu dlia ekstremalnykh umov zhyttiedialnosti. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh*

tekhnolohii. 30 (3). 144-155 s. <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/d8738736-1d77-4707-bebf-cd3b43678554/download>

5. Kullen Ch., Mitchell L., O'Connor H., Gifford J. A, Beck K. L. (2022). Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*. 80(6). P. 1664-93.

6. Chorna V. V., Lototska-Dudyk U.B., Podoliak V. M., Tomashevskyi A. V. (2023). Vymohy do novitnikh individualnykh ratsioniv kharchuvannia viiskovosluzhbovtiv ZS Ukrainy ta krain NATO. *Ukrainskyi zhurnal viiskovoi medytsyny*. 4(1). 83- 93 DOI:10.46847/ujmm.2023.1(4)-083

7. Forsy-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R. (2020) The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health nutrition*. 23(17). 3059-66. DOI: 10.1017/S1368980020001238

8. Masliychuk O., Naumenko N., Mezhubovsky O., Simakhina, G. (2024). Dietary supplements from button mushrooms for the diets of military personnel. *European Science*. 1(sge26-01), 140–148. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2024-26-00-028>

*Стаття надійшла до редакції
25 лютого 2025 року*

УДК 664,8

Самілик М. М.,

*m.samilyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4826-2080, Researcher ID: AHE-3206-2022,
д.т.н., професор, завідувач кафедри технологій та безпечності харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

Ткачук М. А.,

*tkachuk.m@radsugar.com.ua, ORCID ID: 0009-0009-0550-4295,
аспірант кафедри технологій та безпечності харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЦУКАТІВ

Анотація. При виробництві цукатів утворюється значна кількість побічних продуктів, які можуть бути сировиною для продуктів із доданою вартістю, адже містять ряд біологічно-активних компонентів. Метою даного дослідження є розробка удосконаленої технології виробництва цукатів, яка передбачає комплексне застосування побічних продуктів виробництва. Унікальністю запропонованої технології є застосування осмотичної дегідратації для попереднього зневоднення плодів. В якості предмету дослідження застосовували плоди абрикосу. Застосування осмотичної дегідратації дозволило виключити із традиційної технології виробництва цукатів обробку сірчистим ангідридом, що позитивно вплинуло на їх безпечність. Обробка в осмотичному розчині сприяє збереженню природного кольору без застосування діоксиду сірки. Крім того, зневоднення в межах невисоких температур сприяє збереженню біологічної цінності сировини та побічних продуктів. Осмотичний розчин, який зазвичай (при традиційній технології) використовується не більше 5 раз, а потім утилізується, запропоновано використовувати для збагачення цукру. Цукор, збагачений осмотичним розчином, мав світло-бежевий колір, чистий без плям і сторонніх домішок, солодкий смак та аромат абрикосу. Для оцінки сильних та слабких сторін, можливостей та загроз удосконаленої технології використовували SWOT-аналіз. Результати SWOT-аналізу показали, що удосконалена технологія переробки плодів абрикосу та виробництва збагаченого цукру має значну кількість сильних сторін, які підтримуються та розвиваються завдяки наявним можливостям. В подальшому завдяки аналізу зовнішніх можливостей підприємство з виробництва цукатів може знайти нові напрями свого розвитку. Сильні сторони допоможуть такому підприємству розвиватися в умовах існуючих загроз або значно послабити їх вплив.

Ключові слова: технологія, додана вартість, збагачений цукор, похідні вторинні продукти, осмотична дегідратація, цукати, SWOT-аналіз.

Samilyk M. M.,

*m.samilyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4826-2080, Researcher ID: AHE-3206-2022,
Doctor of Engineering, Associate, Professor, Head of the Department of Food Technology and Safety,
Sumy National Agrarian University, Sumy*

Tkachuk M. A.,

*tkachuk.m@radsugar.com.ua, ORCID ID: 0009-0009-0550-4295,
PhD student, Department of Technology and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy*

IMPROVEMENT OF CANDIED FRUIT PRODUCTION TECHNOLOGY

Abstract. The production of candied fruits produces a significant number of by-products that can be used as raw materials for value-added products, as they contain a number of biologically active components. The aim of this study is to develop an improved technology for the production of candied fruits, which involves the integrated use of production by-products. The uniqueness of the proposed technology is the use of osmotic dehydration for preliminary dehydration of fruits. Apricot fruits were used as the subject of the study. The use of osmotic dehydration allowed to exclude sulfur dioxide treatment from the traditional technology of candied fruit production, which positively affected their safety. Treatment in an osmotic solution helps preserve the natural color without the use of sulfur dioxide. In addition, dehydration at low temperatures helps preserve

the biological value of the raw materials and by-products. Osmotic solution, which is usually (with traditional technology) used no more than 5 times and then disposed of, was proposed to be used for sugar enrichment. Sugar enriched with osmotic solution had a light beige color, clean without spots and foreign impurities, sweet taste and apricot aroma. A SWOT analysis was used to assess the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of the improved technology. The results of the SWOT analysis showed that the improved technology for processing apricot fruits and producing enriched sugar has a significant number of strengths that are supported and developed by the existing opportunities. In the future, thanks to the analysis of external opportunities, a candied fruit production enterprise can find new directions for its development. Strengths will help such an enterprise develop in the face of existing threats or significantly weaken their impact.

Key words: technology, added value, enriched sugar, derived secondary products, osmotic dehydration, candied fruits, SWOT analysis.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2025-41-13>

Постановка проблеми. Незважаючи на зростання занепокоєння скороченням відходів і стійкістю, дослідження щодо повторного використання похідних вторинних продуктів, утворених при переробці фруктів є обмеженими. Як приклад, основний побічний продукт, утворений при виробництві цукатів часто утилізують, але він характеризується високим вмістом біоактивних сполук, у тому числі каротиноїдів [1].

Використання цього матеріалу як джерела вітаміну А та важливий внесок у антиоксидантні властивості збагачених ними продуктів має економічне, екологічне та соціальне значення. У літературі немає свідчень про використання відпрацьованих цукрових розчинів, утворених при осмотичній дегідратації плодів для збагачення цукру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час переробки фруктів утворюється велика кількість побічних продуктів, які містять біоактивні сполуки [2]. Завдяки їх повторній переробці можна одночасно відновити цінні компоненти та мінімізувати кількість відходів. Популярним способом подовження терміну придатності до споживання фруктів є їх консервування із використанням цукру.

Традиційна технологія виготовлення цукатів із абрикосів включає попередню обробку сульфитацією і сушку гарячим повітрям. Обробка сірчистим ангідридом уповільнює ферментативні та неферментативні реакції, а також мікробіологічне псування при тривалому зберіганні. Однак такий спосіб обробки впливає на сенсорні, харчові та фізичні властивості цукатів. Крім того, він спричиняє зменшення вмісту фенольних сполук, каротиноїдів та вітаміну С [3].

У світі зростає попит на безсірчані цукати з кращими функціональними властивостями.

Осмотична дегідратація як попередня обробка перед сушінням гарячим повітрям покращує якісні властивості сухофруктів та дозволяє не застосовувати сульфитацію [4].

Одним із таких методів застосування осмотичної дегідратації є комбіноване сушіння, яке передбачає попереднє зневоднення осмотичною дегідратацією у цукровому розчині та подальше сушіння. Цей метод був запропонований для отримання кураги та цукатів з метою збереження природного кольору без застосування діоксиду сірки [5].

Осмотична дегідратація є одним з найкращих та придатних методів збільшення терміну зберігання фруктів і овочів через властивість зберігати вітаміни та мінерали, колір, аромат і смак [6].

Одним з обмежень процесу осмотичної дегідратації є управління осмотичним розчином. Зазвичай це є найважливішою технологічною проблемою в процесі осмотичної дегідратації в промислових масштабах [7]. Пошук шляхів багаторазового повторного використання осмотичного розчину є одним із найважливіших питань, яке потребує вирішення.

Осмотичний сироп можна концентрувати та повторно використовувати лише 5 разів без негативного впливу на якість готових виробів [8]. Рекомендовано щоразу пастеризувати розчин, щоб отримати продукт із терміном придатності від 7 до 12 днів за умови зберігання у холодильнику [9]. Переваги повторного використання осмотичного розчину в послідовних циклах можуть бути виведені не тільки з економічної точки зору, але й за рахунок кращого збереження лимонної кислоти в зразках і подовженого терміну придатності продукту. Проте, повторна пастеризація значно підвищує собівартість виробів, оскільки зростають витрати на енергоносії.

Щоб зробити осмотичну дегідратацію більш привабливою економічно, осмотичний розчин слід повторно концентрувати шляхом випаровування або додаванням свіжого осмотичного реагенту. Альтернативою може бути застосування відпрацьованого осмотичного розчину для приготування інших харчових продуктів.

Встановлено, що осмотичний розчин має характерні свіжим плодам абрикосу сенсорні властивості, завдяки яким його можна використовувати в якості харчового функціонального інгредієнту [10]. Враховуючи, що масова частка сухих речовин в сиропі становить 49,70%, його можна використовувати при пресуванні цукру для формування потрібної структури та міцності та надання продукту певних смако-ароматичних характеристик. При внесенні 10% розчину, вміст каротиноїдів у цукрі становить 1,13 мг/100г.

Постановка завдання. Літературні дані демонструють потенціал осмотичної дегідратації для переробки фруктів. Але огляд відповідної літератури показав, що досі не запропоновано технології виробництва цукатів, яка передбачає переробку відпрацьованих осмотичних розчинів. Не було виявлено результатів досліджень щодо можливості використання осмотичних розчинів для збагачення цукру і подальшого його застосування у виробництві харчових продуктів. Це дозволяє стверджувати, що проведення дослідження, присвяченого вивченню доцільності застосування осмотичного розчину для збагачення цукру є актуальним.

Таким чином, метою даного дослідження є розробка удосконаленої технології виробництва цукатів, яка передбачає комплексне застосування побічних продуктів виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно запропонованої технології ретельно відмиті плоди абрикосів, гарної якості, відокремлюються від кісточки. Кісточки промиваються, просушуються та направляються на виробництво олії. Половинки плодів змішуються у співвідношенні 1:1 із цукровим пересиченим (70%) і витримуються протягом 1 години при температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$ в апараті осмотичної дегідратації. При цьому у цукровий розчин із плодів дифундує від 10 до 20% клітинного соку. За рахунок цього концентрація осмотичного розчину знижується. Після дегідратації від частково зневоднених плодів відокремлюється відпрацьований осмотичний розчин, який без попередньої обробки направляється у змішувач (20% до маси цукру), де знаходиться цукор-пісок III категорії.

За рахунок цього цукор набуває унікальних, характерних для плодів абрикосу, смако-ароматичних властивостей, кольору. Цукор, збагачений осмотичним розчином, мав світло-бежевий колір, чистий без плям і сторонніх домішок, солодкий смак та аромат абрикосу. Вологий збагачений цукор пресується за допомогою роторних або карусельних пресів та висушується у тунельних сушарках при температурі $85 \pm 5^\circ\text{C}$ до вологості 2-4%. Висушені кубики абрикосового цукру пакуються та направляються на зберігання.

Частково зневоднені плоди абрикосу висушуються в інфрачервоних сушарках протягом 3 годин при температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$, фасуються у споживчу тару, пакуються та направляються на зберігання.

На відміну від традиційної технології не проводиться регенерація осмотичного розчину перед наступним використанням. Як наслідок – скорочуються енерго- та сировинні витрати.

При застосуванні осмотичної дегідратації у виробництві цукатів можна не проводити їх обробку сірчистим ангідридом. За рахунок взаємодії із цукровим розчином уповільнюються процеси окиснення, зберігається натуральний колір сировини. В процесі осмотичної дегідратації у розчин разом із клітинним соком дифундують різноманітні нутрієнти, зокрема каротиноїди. Про це свідчать його характерні органолептичні властивості. При додаванні відпрацьованих осмотичних розчинів до цукру у ньому теж з'являються сенсорні показники абрикосу (смак, запах, аромат).

Для оцінки сильних та слабких сторін, можливостей та загроз удосконаленої технології використовували SWOT-аналіз. Результати представлено в таблиці 1.

Результати SWOT-аналізу представлені в таблиці 1, показали, що удосконалена технологія переробки плодів абрикосу та виробництва збагаченого цукру має значну кількість сильних сторін, які підтримуються та розвиваються завдяки наявним можливостям. В подальшому завдяки аналізу зовнішніх можливостей підприємство з виробництва цукатів може знайти нові напрями свого розвитку. Сильні сторони допоможуть такому підприємству розвиватися в умовах існуючих загроз або значно послабити їх вплив.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Запропонована технологія є безвідходною. Порівняно із традиційною, удосконалена технологія дозволяє отримати одразу три види продуктів з доданою

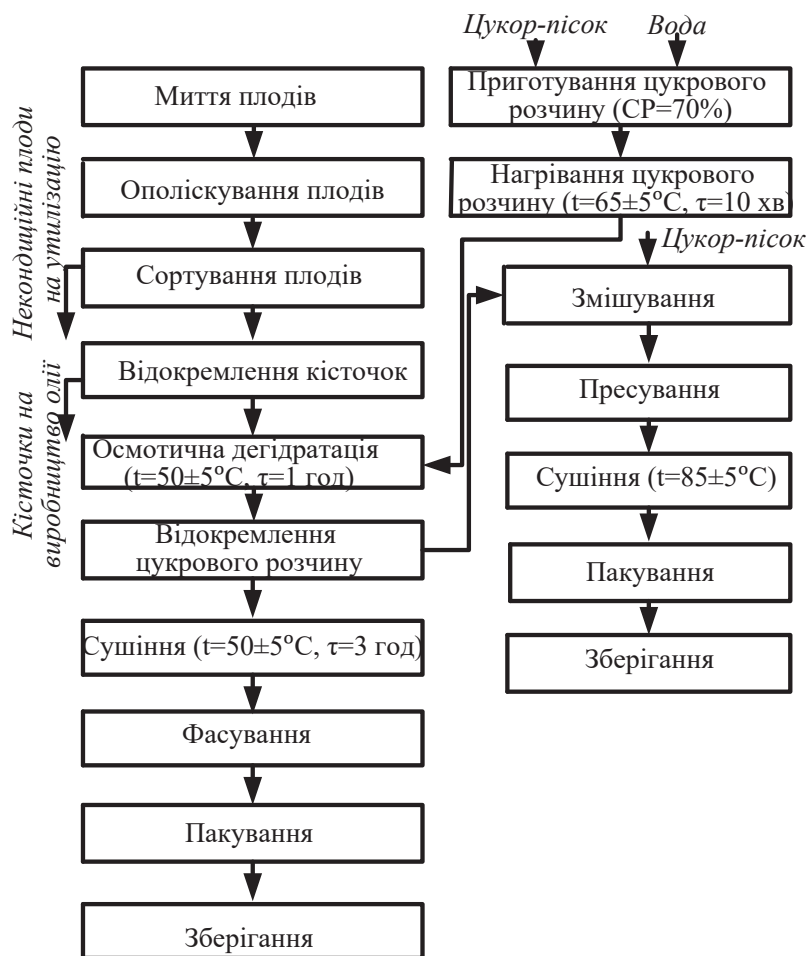


Рис. 1. Удосконалена технологічна схема переробки плодів абрикосу

Таблиця 1

SWOT-аналіз нової технологічної схеми

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
- Збереження біологічної цінності продуктів. - Відсутність конкурентів на ринку України. - Непотрібні додаткові складні специфічні технологічні процеси. - Універсальність технології переробки для різноманітної плодової сировини. - Безвідходна переробка, відсутність негативного впливу на навколишнє середовище. - Створення додаткових робочих місць. - Скорочення енерговитрат на процес.	- Утворені при осмотичній дегідратації плодів сиропи потребують негайної переробки. - Необхідність встановлення додаткового технологічного обладнання. - Відсутність необхідної нормативно-технологічної документації на виготовлення збагаченого цукру.
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
- Наявність в Україні науковців для розробки способу резервування відпрацьованих осмотичних розчинів для підвищення терміну їх зберігання. - Зростання у світі попиту на нерафіновані цукри, органічну продукцію, здорове харчування і т. ін. - Відносно невелика кількість конкурентів на ринку України. - Зростання попиту на екосистемні, туристичні послуги, розважальні заходи.	- Відпрацьований осмотичний розчин є гарним поживним середовищем для мікроорганізмів, тому існує загроза його забруднення. - Відсутність у потенційних споживачів інформації про нові продукти та неготовність їх купувати. - Зменшення добробуту вітчизняних споживачів. - Труднощі виходу на зовнішні ринки.

вартістю – цукати, абрикосову олію та збагачений цукор. В подальших дослідженнях планується дослідити тривалість та умови зберігання осмотичних розчинів, утворених при виробництві абрикосових цукатів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Samilyk M., Tkachuk M., Paska M., Ryzhkova T., Tkachuk S., Petrenko A., Hrinchenko D., Gurskyi P., Savchuk L., & Yarmosh T. Substantiating the feasibility of processing the secondary product obtained after osmotic dehydration of dried apricots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 4(11), № 130, P. 36–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309658>
2. Albert C., Codină G. G., Héjja M., András C. D., Chettrari A., Dabij A. Study of Antioxidant Activity of Garden Blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Extracts Obtained with Different Extraction Solvents. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12(8), P. 4004. <https://doi.org/10.3390/app12084004>
3. Karabulut I., Tugca B., Sislioglu K., Gokbulut I., Ozdemir I.S., Seyhan F., Ozturk K. Chemical Composition of Apricots Affected by Fruit Size and Drying Methods. *Dry. Technol.* 2018. Vol. 36, P. 1937–1948. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1427762>
4. Sakooei-Vayghan R., Peighambardoust S. H., Hesari J., Peressini D. Effects of Osmotic Dehydration (with and without sonication) and Pectinbased Coating Pretreatments on Functional Properties and Color of Hot-Air Dried Apricot Cubes. *Food Chem.* 2020. Vol. 311, P. 125978. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125978>
5. Feng X., Sun J., Liu B., Zhou X., Jiang L., Jiang W. Effect of gradient concentration pre-osmotic dehydration on keeping air-dried apricot antioxidant activity and bioactive compounds. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022. Vol. 46, №7, P. e16688. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16688>
6. Wang X., Feng H. Investigating the Role Played by Osmotic Pressure Difference in Osmotic Dehydration: Interactions between Apple Slices and Binary and Multi-Component Osmotic Systems. *Foods*. 2023. Vol. 12, № 17, P. 3179. <https://doi.org/10.3390/foods12173179>
7. Giannakourou M. C., Dermesonlouoglou E. K., Taoukis P. S. Osmodehydrofreezing: An Integrated Process for Food Preservation during Frozen Storage. *Foods*. 2020. Vol. 9(8), P. 1042. <https://doi.org/10.3390/foods9081042>
8. Yadav A. K., Singh S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol.* 2014. Vol. 51, № 9, P. 1654-73. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2.
9. Moraga M. J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on

the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. *LWT – Food Science and Technology*. 2011. Vol. 44(1), P. 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.018>.

10. Samilyk M., Tkachuk M. Study of the quality indicators of the osmotic solution obtained after dehydration of apricot fruits. *EUREKA: Life Sciences*. 2024. Vol. 1, P. 57–63. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2024.003349>.

REFERENCES:

1. Samilyk M., Tkachuk M., Paska M., Ryzhkova T., Tkachuk S., Petrenko A., Hrinchenko D., Gurskyi P., Savchuk L., & Yarmosh T. Substantiating the feasibility of processing the secondary product obtained after osmotic dehydration of dried apricots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 4(11), № 130, P. 36–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309658>
2. Albert C., Codină G. G., Héjja M., András C. D., Chettrari A., Dabij A. Study of Antioxidant Activity of Garden Blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Extracts Obtained with Different Extraction Solvents. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12(8), P. 4004. <https://doi.org/10.3390/app12084004>
3. Karabulut I., Tugca B., Sislioglu K., Gokbulut I., Ozdemir I.S., Seyhan F., Ozturk K. Chemical Composition of Apricots Affected by Fruit Size and Drying Methods. *Dry. Technol.* 2018. Vol. 36, P. 1937–1948. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1427762>
4. Sakooei-Vayghan R., Peighambardoust S. H., Hesari J., Peressini D. Effects of Osmotic Dehydration (with and without sonication) and Pectinbased Coating Pretreatments on Functional Properties and Color of Hot-Air Dried Apricot Cubes. *Food Chem.* 2020. Vol. 311, P. 125978. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125978>
5. Feng X., Sun J., Liu B., Zhou X., Jiang L., Jiang W. Effect of gradient concentration pre-osmotic dehydration on keeping air-dried apricot antioxidant activity and bioactive compounds. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022. Vol. 46, №7, P. e16688. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16688>
6. Wang X., Feng H. Investigating the Role Played by Osmotic Pressure Difference in Osmotic Dehydration: Interactions between Apple Slices and Binary and Multi-Component Osmotic Systems. *Foods*. 2023. Vol. 12, № 17, P. 3179. <https://doi.org/10.3390/foods12173179>
7. Giannakourou M. C., Dermesonlouoglou E. K., Taoukis P. S. Osmodehydrofreezing: An Integrated Process for Food Preservation during Frozen Storage. *Foods*. 2020. Vol. 9(8), P. 1042. <https://doi.org/10.3390/foods9081042>
8. Yadav A. K., Singh S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol.* 2014. Vol. 51, № 9, P. 1654-73. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2.
9. Moraga M. J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on

9. Moraga M. J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. *LWT – Food Science and Technology*. 2011. Vol. 44(1), P. 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.018>.

10. Samilyk M., Tkachuk M. Study of the quality indicators of the osmotic solution obtained after

dehydration of apricot fruits. *EUREKA: Life Sciences*. 2024. Vol. 1, P. 57–63. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2024.003349>.

Стаття надійшла до редакції

18 лютого 2025 року

**ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 41

Літературний редактор – Муравицька Н. О.

Коректор – Мох О. П.

Комп'ютерний макет видавництва

Львівського торговельно-економічного університету

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 9,72. Ум. друк. арк. 12,79. Зам. № 0625/456

Підписано до друку 11.04.2025. Наклад 300 прим.

Віддруковано в друк. видавництва Львівського торговельно-економічного університету
79005, м. Львів, вул. Туган-Барановського, 10. Тел. 244-40-19. e-mail drook@ukr.net
Свідоцтво Держкомітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України
серія ДК № 5149 від 15.07.2016 р.