

ISSN 2079-4827

Міністерство освіти і науки України  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

# **ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Тематичний збірник наукових праць*

**№ 2 (39) 2019**

Збірник наукових праць заснований у 1998 році

Виходить двічі на рік

Кривий Ріг  
ДонНУЕТ  
2019

**Редакційна колегія:**

*Головний редактор — В. П. Хорольський*  
*Заступник головного редактора — Р. П. Никифоров*  
*Відповідальний редактор серії — Т. О. Ружинська*  
*Відповідальний секретар серії — А. В. Слащева*

**Редакційна колегія серії:**

*Віннікова Л. Г.*, д-р техн. наук (Одеський національний університет харчових технологій);  
*Гніцевич В. А.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет);  
*Гринченко О. О.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Михайлов В. М.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Никифоров Р. П.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Омельченко О. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Пивоваров П. П.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Погребняк В. Г.*, д-р. техн. наук (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу);  
*Попова С. Ю.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Прісс О. П.*, д-р техн. наук (Таврійський державний агротехнологічний університет);  
*Слащева А. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Сімакова О. О.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Хомич Г. П.*, д-р техн. наук (Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»);  
*Хорольський В. П.*, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Юдіна Т. І.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет);  
*Возняк Юрій*, канд. фіз.-мат. наук (Центр молекулярних і макромолекулярних досліджень Польської Академії наук);  
*Хамісабаді Джавад*, канд. наук із промислового менеджменту (Факультет інженерії та менеджменту, Ісламський університет Азада, Тегеран, Іран).

Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України.  
Реєстраційний номер КВ № 13181-2065ПР від 25.07.2007 р.

Засновник та видавець Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.

*Журнал підписано до друку вченою радою Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, протокол № 8 від 19.12.2019 р.*

Мова видання: українська, англійська

Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються лише з відома автора та редакції.

**Адреса видавця та редакції:**

50042, м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.  
тел. (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

ISSN 2079-4827

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Donetsk National University of Economics and Trade  
named after Mykhailo Tuhan-Baranovsky

# **FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES**

*Thematic collection of scientific works*

**No 2 (39) 2019**

Collection of scientific works published since 1998  
Issued 2 times a year

Kryvyi Rih  
DonNUET  
2019

**Editorial board:**

*Editor in chief* — V. P. Khorolskyi

*Deputy editor in chief* — R. P. Nykyforov

*Executive editor of series* — T. O. Ruzhynska

*Executive secretary of series* — A. V. Slashcheva

**Editorial board of series:**

Vinnikova L. G., Grand PhD in Engineering sciences (Odessa National Academy of Food Technologies); Gnitsevykh V. A., Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); Grinchenko O. O., Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); Khomych H. P., Grand PhD in Engineering sciences (Poltava University of Economics and Trade); Khorolskyi V. P., Grand PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); Mykhailov V. M., Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); Nykyforov R. P., PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); Pogrebnyak V. G., Grand PhD in Engineering sciences (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas); Popova S. Yu., PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); Priss O. P., Grand PhD in Engineering sciences (Tavria State Agrotechnological University); Pyvovarov P. P., Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); Yudina T. I., Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); Vozniak Yurii, PhD in Physico-mathematical sciences (Center for Molecular and Macromolecular Studies, Polish Academy of Sciences), Khamisabadi Javad, PhD in industrial management (Faculty of Engineering & Management, Islamic Azad university, Tehran, Iran).

Journal was registered at Ministry of Justice of Ukraine. Registration number KB № 13181-2065ПП dated July 25, 2007.

Founder and editor Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih. Certificate of Publisher ДК № 4929 dated July 7, 2015.

*Passed for printing under recommendation of Academic Council of Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (transaction No. 8 dated 19.12.2019).*

Language of edition: Ukrainian, English.

*Reprinting and translations are allowed only from the consent of author and editorial board.*

**Address of editor and editorial office:**

13, Kurchatova str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50042 and editorial office: phone (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, 2019

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-5-11

UDC 664.644.5

*Simakova O. A., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>  
Nazarenko I. A., PhD in Engineering sciences<sup>1</sup>  
Goryaynova Yu. A., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>  
Popova S. Yu., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>  
Adamchuk S. I., Student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

## STUDY OF THE INFLUENCE OF DRINKING WATER QUALITY ON BAKERY PROPERTIES OF WHEAT FLOUR

УДК 664.644.5

*Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
Назаренко І. А., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
Попова С. Ю., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
Адамчук С. І., студент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ХЛІБОПЕКАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

**Objective.** *The purpose of the article is to investigate the effect of drinking water quality on the baking properties of wheat flour.*

**Methods.** *In the process of the research, methods for determining the activity of amylolytic and proteolytic enzymes of raw materials were used. The amylase activity of wheat flour in the presence of heavy metal cations was estimated by the amount of maltose formed in the reaction mixture, a product of deep saccharification of flour starch. The effect of heavy metal cations on the proteolytic activity of wheat flour enzymes was evaluated by the yield of raw and dry gluten by kneading dough, comparing the yield of gluten from dough, which was prepared in distilled water and water containing 0.05 g/l of lead or nickel cations. The relative viscosity of the gelatin solution under the action of proteolytic enzymes of wheat flour in the presence of cations of lead and nickel was found using a VPZH-2 capillary viscometer with a capillary diameter of 0.56 mm in a water thermostat.*

**Results.** *It is proved that heavy metal cations adversely affect the biological activity of proteolytic enzymes of flour, they deprive gluten of elasticity, which may adversely affect the protein frame of the dough by baking, and as a result, the quality of the finished product. It is proved that the water is contaminated by impurities of heavy metals, particularly lead and nickel, can worsen the gas-retaining ability of the semi-finished dough. The pollution of water, which is used for the preparation of the dough during the bread baking, particularly heavy metal cations, which are inhibitors of most enzymes, plays a very important role in ensuring the quality of the finished product that requires careful monitoring of its purity.*

**Key words:** *wheat flour, yeast dough, proteolytic enzymes, amylolytic enzymes, heavy metals, cations, water, gluten.*

Надійшла до редакції 30.10.2019 р.

© О. О. Сімакова, І. А. Назаренко, Ю. А. Горайнова,  
С. Ю. Попова, С. І. Адамчук, 2019

**A problem statement.** Various wheat flour products, in particular, yeast dough products and especially bread, still form the basis of human nutrition. Therefore, the quality and nutritional value of bread, as a daily consumption product, is of paramount importance [1, 2]. The problem of the nutritional value of bread becomes especially acute in those periods when, for any reason, the consumption of food products of animal origin — eggs, milk, cheese, meat, animal fats — significantly decreases, and the proportion of cereal products, primarily products, increases relatively from flour. It is clear that in these conditions of more uniform nutrition, the problem of the quality and nutritional value of bread and possible ways to increase it becomes especially urgent. Therefore, it is natural that for many years there have been studies in this area that have not stopped until now, and the problem does not lose its relevance in modern conditions [3–5]. All existing methods for increasing the nutritional value of bread can be divided into two large groups: enriching it with a complex of valuable biologically active substances and improving consumer qualities. In some cases, these two paths coincide, as in the case of an increase in the activity of the enzyme complex of wheat flour, in which amylolytic and proteolytic enzymes play a large role. They are responsible for the accumulation of free amino acids and sugars in the test semi-finished product, the formation of a crispy brown crust, and, in general, play a paramount role in ensuring the quality of the finished product.

**Analysis of recent research and publications.** It is known [6] that both amylolytic and proteolytic enzymes in various substrates are very sensitive to the most insignificant changes in the environment. Various chemicals have a special effect on their activity: some of them activate enzymes, while others inhibit, depriving enzymes of activity. Among the most famous inhibitors of most enzymes are heavy metal cations. If they get even in small quantities into the recipe during dough production, this can lead to poor quality of the finished product. When developing dough formulations for the production of various products from wheat flour, very little attention is paid to such an important recipe component as water, which is usually taken from the city water supply network. It is now known, that over the past decades there has been a constant deterioration in the quality of the water of surface water bodies, rivers and, as a consequence, a deterioration in the quality of drinking water. There are several reasons for this. First of all, there is an increase in freshwater consumption by industrial and agricultural enterprises, which, after contamination of used water, throw it into surface water bodies. Particularly dangerous is the ingress of heavy metals cations into water bodies as necessary components of the wastewater of galvanic shops, including a considerable amount of nickel, zinc, etc. [7–10].

About thirty years have passed after the huge disaster in Chernobyl, which led to intensive pollution of a large area of Ukraine. Along with radioactive, environmental pollution by heavy metals poses a very great danger, among which lead is one of the most toxic. The increase in lead in the atmosphere of Ukraine over the years is because they tried to use this metal at the very beginning of the Chernobyl accident to shield the destroyed reactor. At the same time, hundreds of tons of lead evaporated and entered the atmosphere, and subsequently into the soil.

**The purpose of the article** is to study the effect of drinking water quality on the baking properties of wheat flour.

**Statement of the main research material.** Were conducted experiments to study the effect of heavy metals on the action of both amylolytic and proteolytic enzymes of wheat flour. As objects of study were chosen two metals — lead and nickel in the form of their salts. The activity of wheat flour amylases in the presence of heavy metal cations was evaluated by the amount of maltose formed in the reaction mixture, a product of deep saccharification of flour starch. The experimental data are shown in table 1.

**Table 1** — Amylolytic activity of wheat flour in the presence of heavy metal cations

Metal cation	The content of maltose, %
Without metal (control)	3,9
Ca <sup>2+</sup>	4,5
Pb <sup>2+</sup>	1,4
Ni <sup>2+</sup>	2,1

The experiment indicates that lead cation, as is known from the literature [1], is the most potent inhibitor of amylase enzymes — it almost ceases their activity. Nickel cation also inhibits amylases, but less actively. In contrast, calcium cation, a well-known activator of enzyme systems, accelerates the hydrolysis of starch with flour amylases. These data allow us to conclude that water contaminated with impurities of heavy metals, in particular, lead and nickel, can cause a deterioration in the gas-forming ability of the test semi-finished product.

The effect of heavy metal cations on the proteolytic activity of wheat flour enzymes was evaluated by the yield of raw and dry gluten during kneading, comparing the yield of gluten from the dough, which was prepared on distilled water and water containing 0.05 g/l lead or nickel cations. It should be noted that the protein complex of gluten dough during kneading is exposed to protease enzymes that hydrolyze proteins to free amino acids enriched the dough, give nitrogen nutrition to yeast, and contribute to the Maillard reaction. The last results in the formation of a brown crispy crust of cooked bread. Gluten was washed from the dough after it was cured for 1.5 hours. The experimental data are shown in table 2.

**Table 2** — The yield and quality of gluten when washing it from the test, made on water mixed with lead and nickel cations

Metal cation	Gluten yield, %		Gluten extensibility, cm
	Raw	Dry	
Without metal (control)	33,0	10,2	6,8
Ca <sup>2+</sup>	24,0	7,4	13,5
Ni <sup>2+</sup>	36,0	11,1	6,8
Pb <sup>2+</sup>	38,8	12,0	6,8

The experimental data given in the table indicate that the yield of crude gluten in the test, which was made on the water with an admixture of heavy metals — lead and nickel, increased significantly compared to the test made on distilled water. This indicates the inhibition of proteolytic enzymes of wheat flour by these cations. The mechanism of action of cations on protease enzymes is associated with their reaction with active lateral functional groups of protein molecules of enzymes, most often, with sulfhydryl groups of SH, which violates the tertiary structure of the enzyme and leads to its denaturation and loss of activity. It can be seen from the experimental data that lead is a stronger protease inhibitor, which is probably because it is a stronger oxidizing agent than nickel, and, therefore, it interacts more actively with SH groups that have reducing properties. For comparison purposes, has been conducted an experiment with gluten washed from dough prepared on the water with the addition of a well-known enzyme activator — calcium cation — at a concentration of 0.05 g/l in terms of metal. The gluten yield sharply decreased, which indicates the acceleration of the action of proteolytic enzymes under the action of calcium, which takes part in the stabilization of the tertiary structure of the enzyme and the formation of an active enzyme-substrate complex.

Along with the raw yield, the yield of dry gluten and its extensibility was controlled, which predicts the elasticity of the protein framework of bread when baking a dough piece. The yield of dry gluten is very important for evaluating the processes occurring in the protein complex of wheat flour, since under the influence of certain substances the ability of protein molecules to aggregate water molecules around them may increase. This increases the hydration of gluten proteins, it becomes able to retain more bound water and the yield of raw gluten increases. In the technology of production of wheat flour products, such a process is very useful for the quality of the finished product. In this case, when the washed raw gluten is dried, all the bound water eliminates, and the yield of dry gluten does not differ from usual. When the raw gluten obtained in the experiments was dried, its yield shows the same dependence as the crude yield, which completely excludes the possibility of increased hydration of dough proteins under the influence of heavy metals, and leaves only their enzyme-inhibiting effect.

The extensibility of gluten does not change in the test made on distilled water and water mixed with lead and nickel, and only in the presence of a calcium cation does gluten become twice as elastic. These results support the conclusion that heavy metals inhibit the action of protease en-

zymes that do not break down gluten proteins. Calcium cation strongly activates enzymes, which at the same time begin to actively hydrolyze proteins to amino acids, reduce their amount and molecular weight, which makes gluten weak. An important criterion for the quality and baking properties of wheat flour is the ability of a gluten ball weighing 10 g to spreadability after an hour of tracking. Data on the spreadability of gluten, washed from dough with an admixture of heavy metals, are shown in table 3.

**Table 3** — The dependence of the spreadability of the gluten ball, washed from wheat flour, from impurities of heavy metal cations

Metal cation	Ball diameter, mm
Without metal (control)	41
Pb <sup>2+</sup>	37
Ni <sup>2+</sup>	39
Ca <sup>2+</sup>	95

The given experimental data are completely consistent with the previous ones — gluten under the action of heavy metal cations is fixed, becomes less elastic.

Measurement of the relative viscosity of gelatin solutions under the action of substances whose activity is studied is a very convenient way to establish the activity of proteolytic enzymes in raw materials. As part of the study, an experiment was conducted to study the relative viscosity of a gelatin solution under the action of proteolytic enzymes of wheat flour in the presence of lead and nickel cations. The relative viscosity of gelatin solutions was determined using a VPZh-2 capillary viscometer with a capillary diameter of 0,56 mm in an aqueous thermostat. The solution was studied using a thermostat with an accuracy of 0,1 °C. The aging of the system before the start of the measurement was at least 15 minutes. Before the experiment, the solutions were filtered through Schott filters. The relative viscosity was calculated by the formula (1):

$$\eta = \frac{t_{solution}}{t_{solvent}} \quad (1)$$

where  $\eta$  is the relative viscosity;  $t_{solution}$  is the flow time of the solution, sec.;  $t_{solvent}$  — is the flow time of the solvent, sec.

The experimental data are shown in table 4.

**Table 4** — Change in the relative viscosity of 2 % gelatin solutions under the action of wheat flour proteases depending on the solvent

Solvent	Relative viscosity (h)
Water	1,6
Aqueous solution of lead salt ( $C_{Pb}=0,05$ g/l)	1,95
Aqueous solution of nickel salt ( $C_{Ni}=0,05$ g/l)	2,05
Aqueous solution of calcium salt ( $C_{Ca}=0,05$ g/l)	1,3

The data obtained as a result of the experiment are consistent with one previously done — the relative viscosity of the gelatin solution with the addition of wheat flour without the addition of heavy metal cations is significantly lower compared to that obtained with the addition of lead and nickel cations. These cations likely inhibit the action of wheat flour proteases, which become less active and more slowly hydrolyze gelatin macromolecules. Calcium cation, as in previous experiments, exhibits a very large activating ability, it accelerates the process of hydrolysis of gelatin, as a result of which the viscosity of its solution decreases. But in this experiment, impurities of lead cations significantly slow down the hydrolysis process compared to nickel cations. This fact is explained not by the greater activity of nickel cation as an inhibitor of wheat flour proteases, but by an additional complexation process between the gelatin macromolecule and this cation, which leads to stabilization of the tertiary structure of gelatin and, as a consequence, to the viscosity of its solutions. Nickel refers to transition metals having vacant d-orbitals, which makes it possible to form additional coordination bonds with substrate molecules, that is, increases its complexing



ability. This explains the even greater increase in the viscosity of gelatin solutions in comparison with impurities of lead cations. The lead cation refers to p-elements that do not have electronic levels with vacant d-orbitals, which deprives it of its ability to form coordination bonds with electron-enriched sections of gelatin protein molecules.

Experiments conducted indicate that protein molecules of proteolytic enzymes undergo denaturation under the influence of heavy metal cations. Denaturation is understood to mean any process that violates the quaternary, tertiary, and even secondary structure of the protein molecule changes its spatial spiral configuration without touching the covalent peptide bond. But, despite the preservation of the basic skeleton of the molecule, its biological properties are lost. To study protein denaturation under the influence of these metal cations, we developed a technique and conducted a model experiment in which we observed precipitation in 2 % aqueous solutions of egg albumin under the influence of these metals. The precipitation characterizes the course of the protein denaturation process, when it's tertiary and, partially, the secondary structure is violated, the molecule loses its subordinate spiral configuration and becomes a chaotic pile of tangles and loops. Precipitation is very convenient to quantitatively control by changing the optical density of the solutions, which was measured on a KFK-2 photoelectric colorimeter in cuvettes with a layer thickness of 3 cm at a wavelength of 400 nm. The experimental data are shown in table 5.

**Table 5** — Change in optical density of aqueous solutions of the egg albumin in the presence of metal cations

Metal cation	Optical density, D
Without metal (control)	0,05
Ca <sup>2+</sup>	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0,25
Pb <sup>2+</sup>	0,38

The experimental data confirm the fact of protein denaturation with cations of heavy metals, especially lead, and are completely consistent with the data obtained during experiments with gluten. Calcium cation helps to stabilize the tertiary structure of the protein, and therefore the transparency of the egg albumin solution increases.

All tests, carried out, confirmed the fact that heavy metal cations adversely affect the biological activity of proteolytic enzymes of wheat flour, they deprive gluten of elasticity, which can adversely affect the protein frame of the dough during baking, and as a consequence, the quality of the finished product.

**Conclusions.** Studies have shown that the pollution of water used to make the dough in bread baking processes, especially heavy metal cations, which are inhibitors of most enzymes, plays a very important role in ensuring the quality of the finished product, which requires careful control of its purity.

#### Список літератури / References

1. Алферов А. Рынок хлеба и хлебобулочных изделий: реалии, перспективы, тенденции развития. *Хлебодукты*. 2009. № 2–4. С. 56–65.  
Alferov, A. (2009). *Rynok khleba i khlebobulochnykh izdelii: realii, perspektyvy, tendentsii razvitiia* [The market of bread and bakery products: realities, prospects, development trends]. *Khleboпродукты* [Bakery products], no. 2–4, pp. 56–65.
2. Лущик Т. Проблемы в хлебопекарной отрасли. *Хлебодукты*. 2008. № 12. С. 48–49.  
Lushchik, T. (2008). *Problemy v khlebopekarnoi otrasli* [Problems in the baking industry]. *Khleboпродукты* [Bakery products], no. 12, pp. 48–49.
3. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукові основи формування споживних властивостей і зберігання якості борошняних кондитерських виробів : монографія. Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2009. 456 с.  
Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2009). *Naukovi osnovy formuvannia spozhyvnykh vlastyvostei i zberigannia yakosti boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv* [Scientific bases of formation of

consumer properties and storage of quality of flour confectionery products]. Lviv, Lvivska komertsiina akademiia Publ., 456 p.

4. Спосіб одержання дріжджового тіста: Пат. 50178 Україна, МПК А 21 D 8/02 / Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А.; заявник та патентовласник Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. (Україна). № 2001117630; заявл. 08.11.2011; опубл. 15.10.2012, Бюл. № 10. — 2 с.

Safonova, O. M., Havrysh, T. V., Pertsevyi, F. V., Panchenko, I. A. (15.10.2012). *Sposib oderzhannia drizhdzhovoho tista*. Patent of Ukraine № 50178, МПК А 21 D 8/02. Appl. № 2001117630. Filed 08.11.2011. Bull. № 10, 2.

5. Семенова Л. Я., Сімакова О. О. Вплив ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста. *Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки*. 2012. № 1 (53). С. 153–157.

Semenova, L. Ya., Simakova, O. O. (2012). *Vplyv laminarii tsukrovoi na yakisni pokaznyky drizhdzhovoho tista* [The impact of sugar kelp on quality indicators dough]. *Visnik DonNUYET. Tekhnichni nauky* [Bulletin of DonNUET. Technical sciences], no. 1 (53), pp. 153–157.

6. Гридина С. Б., Зинкевич Е. П., Владимирцева Т. А., Забусова К. А. Ферментативная активность зерновых культур. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2014. № 8. С. 57–60.

Gridina, S. B., Zinkevich, Ye. P., Vladimirtseva, T. A., Zabusova, K. A. (2014). *Fermentativnaya aktivnost zernovykh kultur* [The enzymatic activity of cereals]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk State University], no. 8, pp. 57–60.

7. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды. *Астраханский вестник экологического образования*. 2013. № 1 (23). С. 182–192.

Teplaya, G. A. (2013). *Tiazhelyye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchey sredy* [Heavy metals as a factor of environmental pollution]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan bulletin of ecological education], no. 1 (23), pp. 182–192.

8. Сімакова О. О. Вплив води на якість хліба. *Swordl. Техн. науки*. 2012. Том 10. С. 88–90.

Simakova, O. O. (2012). *Vplyv vody na yakist khliba* [Effect of water on quality of dough]. *Swordl. Tekhnichni nauky* [Swordl. Technical Sciences], vol. 10, pp. 88–90.

9. Сімакова, О. О., Никифоров Р. П. Роль качества питьевой воды в производстве хлеба. *Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки*. 2015. № 2 (63). С. 98–104.

Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2015). *Rol kachestva pityevoj vody v proizvodstve khleba* [The role of the quality of drinking water in the production of bread]. *Visnik DonNUYET. Tekhnichni nauky* [Bulletin of DonNUET, Technical sciences], no. 2 (63), pp. 98–104.

10. Пацаган О. В. Статистическая теория многокомпонентных смесей: фазовые переходы и критические явления : автореф. дис. ... д-ра физ-мат. наук: спец. 01.04.02 «Теоретическая физика». Л. : Институт физики конденсированных систем, 2008. 34 с.

Patsahan, O. V. (2008). *Statisticheskaya teoriya mnogokomponentnykh smesey: fazovyue perekhody i kriticheskiye yavleniya* [Statistical theory of multicomponent mixtures: phase transitions and critical behavior]. Abstract of Grand PhD in Physico-mathematical sciences thesis]. Lviv, Institute of Condensed Matter Physics Publ., 32 p.

**Мета** — дослідження впливу якості питної води на хлібопекарні властивості пшеничного борошна.

**Методи.** У процесі дослідження використано методи визначення активності амілолітичних та протеолітичних ферментів сировини. Активність амілаз пшеничного борошна в присутності катіонів важких металів оцінювали за кількістю утвореної в реакційній суміші мальтози — продукту глибокого оцукрювання крохмалю борошна. Вплив катіонів важких металів на протеолітичну активність ферментів пшеничного борошна оцінювали за виходом сирові та сухої клейковини при замішуванні тіста, порівнюючи вихід клейковини з тіста, яке готувалося на дистильованій воді і на воді, яка вмішувала 0,05 г/л катіонів свинцю, або нікелю. Відносну в'язкість розчину желатину під дією протеолітичних ферментів пшеничного борошна у присутності катіонів свинцю та нікелю знаходили за допомогою капілярного віскозиметра ВПЖ-2 з діаметром капіляра 0,56 мм у водному термостаті.

**Результати.** Доведено, що катіони важких металів згубно впливають на біологічну активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна, вони позбавляють клейковину еластичності, що може негативно позначитися на білковому каркасі тіста при його випіканні і, як наслідок, на якості готового виробу. Доказано, що вода, забруднена домішками важких металів, зокрема, свинцю та нікелю, може спричинити погіршення газоутворювальної спроможності тістового напівфабрикату. Забруднення води, яку використовують для приготування тіста у процесі випікання хліба, особливо катіонами важких металів, які є інгібіторами більшості ферментів, відіграє важливу роль у забезпеченні якості готового виробу, що потребує ретельного контролю її чистоти.

**Ключові слова:** пшеничне борошно, дріжджове тісто, протеолітичні ферменти, амілолітичні ферменти, важкі метали, катіони, вода, клейковина.

**Цель** — исследование влияния качества питьевой воды на хлебопекарные свойства пшеничной муки.

**Методы.** В процессе исследования использованы методы определения активности амилолитических и протеолитических ферментов сырья. Активность амилаз пшеничной муки в присутствии катионов тяжелых металлов оценивали по количеству образованной в реакционной смеси мальтозы — продукта глубокого осахаривания крахмала муки. Влияние катионов тяжелых металлов на протеолитическую активность ферментов пшеничной муки оценивали по выходу сырой и сухой клейковины при замесе теста, сравнивая выход клейковины из теста, которое готовилось на дистиллированной воде и на воде, содержащей 0,05 г/л катионов свинца или никеля. Относительную вязкость раствора желатина под действием протеолитических ферментов пшеничной муки в присутствии катионов свинца и никеля находили с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-2 с диаметром капилляра 0,56 мм в водяном термостате.

**Результаты.** Доказано, что катионы тяжелых металлов отрицательно влияют на биологическую активность протеолитических ферментов пшеничной муки, они лишают клейковину эластичности, что может негативно сказаться на белковом каркасе теста при его выпекании и, как следствие, на качестве готового изделия. Доказано, что вода, загрязненная примесями тяжелых металлов, в частности, свинца и никеля, может способствовать ухудшению газодерживающей способности тестового полуфабриката. Загрязнение воды, которую используют для приготовления теста в процессе выпекания хлеба, особенно катионами тяжелых металлов, которые являются ингибиторами большинства ферментов, играет важную роль в обеспечении качества готового изделия, что требует тщательного контроля ее чистоты.

**Ключевые слова:** пшеничная мука, дрожжевое тесто, протеолитические ферменты, амилолитические ферменты, тяжелые металлы, катионы, вода, клейковина.

*Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Попова С. Ю., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Пусікова О. А., асистент<sup>1</sup>*

*Боднарук О. А., асистент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

### ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СОЛОДКИХ СТРАВ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ ШКОЛЯРІВ

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Popova S. Yu., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Pusikova O. A., Assistant Professor*

*Bodnaruk O. A., Assistant Professor*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

### THE TECHNOLOGY OF VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCT FOR SWEET DISHERS FOR FUNCTIONAL FEEDING OF PUPILS

**Мета** — наукове обґрунтування та розроблення нової технології функціонального напівфабрикату для солодких страв і напоїв з використанням гарбуза, моркви, горобини червоноплідної.

**Методи.** Відбір проб проводився згідно з вимогами ДСТУ ISO 874-2002, готування проб до лабораторних аналізів — відповідно до ДСТУ 7040:2009. Під час дослідження фізико-хімічних показників визначалися: вміст сухих речовин у сировині — за ДСТУ ISO 751-2004; масова частка розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007; масова частка титрованих кислот (у перерахунку на яблучну кислоту) — за ДСТУ 4957:2008; вміст аскорбінової кислоти — за Б. П. Плешковим; вміст білка визначали за методом К'ельдаля; кількісне визначення мікроелементів — міді, цинку, марганцю проводили методом атомної абсорбції.

**Результати.** Розроблено технологію напівфабрикату для солодких страв на основі пюре гарбуза, моркви та червоноплідної горобини. Використання напівфабрикату під час приготування солодких страв з пінною структурою дасть змогу зекономити традиційні піно- та структуроутворювачі і водночас поліпшувати харчову та біологічну цінність кінцевих продуктів. Розроблений напівфабрикат «Помаранчеве небо» відрізняється високою харчовою цінністю, яка здебільшого визначається його мінеральним та вітамінним складом, який є джерелом каротиноїдів, вітаміну С, міді та цинку, цілком відповідає концепції створення функціональних продуктів для профілактики захворювань зору. Визначено, що використання напівфабрикату «Помаранчеве небо» позитивно впливає на стійкість піни яєчного білка та дозволяє заощаджувати дефіцитну білкововмісну сировину та збагачувати вироби комплексом біологічно активних речовин. Встановлено, що оптимальною часткою заміни яєчного білка напівфабрикатом зі збереженням показників якості пінної структури є величина 15...18 %.

**Ключові слова:** рослинний напівфабрикат, солодкі збивні страви, профілактика захворювань зору, стійкість піни, харчова цінність, гарбуз, морква, червоноплідна горобина.

**Постановка проблеми.** Раціональне харчування дітей і підлітків — одна з найбільш вагомих складових, що формують здоров'я нації. Слід зазначити, що за останні 10

років в Україні погіршились демографічна ситуація і стан здоров'я дітей. Літературні дані свідчать про порушення фізіологічних механізмів росту і розвитку дитячого організму в сучасних умовах, а також про закінчення процесу акселерації в 80-ті роки минулого і виникнення процесу деселерації [1]. Захворюваність школярів зростає не на відсотки, а в багатократному збільшенні. Після закінчення школи тільки 5 % дітей можуть вважатися цілком здоровими. Збільшуються хронічні патології в загальній захворюваності дітей і підлітків. Серед інших причин, що мають негативний вплив на стан здоров'я дітей і підлітків, — забруднення навколишнього середовища, низький рівень матеріально-побутових умов і порушення правил раціонального харчування [2]. Проведені останніми роками численні дослідження фактичного стану харчування дітей і підлітків в Україні та інших пострадянських держав свідчать про нестачу в раціоні харчування дітей тваринних білків і мікронутрієнтів (вітамінів, кальцію, йоду, заліза, цинку, селену) [3].

Для забезпечення зростаючого організму, всіма необхідними харчовими речовинами необхідно створити умови для оптимального їх засвоєння. Крім того, перспективним шляхом забезпечення дітей раціональним та функціональним харчуванням є створення збагачених продуктів на основі традиційних улюблених страв і виробів: котлет, сосисок, варених ковбас, макаронних, кондитерських і борошняних виробів, а також солодких страв — мусів, кремів, самбуків, а також збитих коктейлів і напоїв підвищеної біологічної цінності зі спрямованою фізіологічною дією на дитячий організм [4]. Захворювання зору є одними з найбільш поширених серед школярів середнього віку, які виникають раптово, розвиваються дуже швидко (протягом кількох місяців) та важко лікуються [5]. Тому важливим є включення до раціону школярів страв і напоїв, які містять речовини, що сприяють корекції зору або профілактиці його захворювань.

Щодо вирішення цієї проблеми своєчасними й актуальними є дослідження в галузі розроблення нових технологій напоїв і солодких страв з використанням нетрадиційної рослинної сировини, які сприяють стабілізації зору та профілактиці його захворювань. Гарбуз, морква та червоноплідна горобина є джерелом цінних компонентів, що рекомендуються для профілактики захворювань зору (каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук, макро- і мікроелементів тощо), але майже не використовуються в підприємствах ресторанного господарства, що свідчить про необхідність створення на їх основі напівфабрикату, який дозволить значно спростити технологічний процес та раціонально використовувати цінні природні рослинні ресурси.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед продукції, яку виробляє харчова промисловість та підприємства ресторанного господарства з додаванням рослинної сировини, значну частину займають вироби та страви з пінною, драглеподібною та емульсійною структурою, які мають значний попит у споживачів. Формування таких структур можливо за наявності механічної енергії та поверхнево-активних речовин, роль яких у традиційних технологіях виконують яєчні та молочні продукти. Однак проведений літературний огляд показав, що за допомогою рослинних добавок також можна утворювати та стабілізувати пінні системи. Виходячи з цього можна припустити, що введенням рослинних добавок можна заощаджувати дорогі традиційні піноутворювачі та емульгатори [6].

За видом сировини рослинні добавки можна розділити на овочеві, плодові (фруктові та ягідні) та зернові, а за видом оброблення рослинні добавки бувають у вигляді пюре, паст, повидла, соків, екстрактів, сула, сиропів, підварок, настоїв, порошоків, крупки, борошна, шроту, вичавок, у деяких випадках — у натуральному вигляді.

Комплексні дослідження деяких рослинних добавок показали, що їх внесення підвищують піноутворюючу та емульгуючу здатність молочних та яєчних білків, а також якість готових виробів як за органолептичними, так і за фізико-хімічними показниками [7]. Пояснюючи позитивний ефект від внесення ягідних пюре, науковці припускають можливість взаємодії пектинових речовин, що містяться в пюре, з амінокислотами білків, та утворення білково-вуглеводних комплексів, які внаслідок поверхнево-актив-

них властивостей підвищують піноутворюючу здатність та стійкість піни. Негативний ефект при великих дозуваннях ягідних пюре пояснюється подальшим розрідженням білково-цукрової суміші [8].

Останніми роками дедалі більшого поширення під час виробництва кулінарної продукції, зокрема, збитих солодких страв, набувають рослинні напівфабрикати та концентрати різноманітного складу та функціонального призначення [9]. Вони дають змогу підвищити біологічну цінність та знизити собівартість продукції шляхом зменшення енерговитрат та скорочення кількості та тривалості технологічних операцій [10], мають більші строки зберігання порівняно зі свіжими овочами, плодами та ягодами [11].

Аналіз літературних джерел [12, 13] свідчить, що асортимент напівфабрикатів для виробництва збитих солодких страв та виробів досить невеликий, але зростаючі ринкові потреби та пропозиції таких напівфабрикатів доволі значні, тому є доцільним більш детальне їх вивчення та розроблення нових технологій [14]. На основі глибоких досліджень автори [15, 16] дали наукове обґрунтування можливості використання пюре з гарбуза, моркви, обліпихи для приготування желе, мусів, самбуків, киселів за традиційними технологіями [17], які мають у своєму складі низькоетерифіковані пектини [18], що відрізняються вираженими протекторними властивостями [19].

Таким чином, овочеві, плодові та ягідні пюре є цінною сировиною для виробництва солодких збитих страв та напоїв для харчування школярів, тому робота зі створення нових ресурсозберігаючих технологій перероблення рослинної сировини є актуальною та перспективною.

**Мета статті** — наукове обґрунтування та розроблення нової технології функціонального напівфабрикату для солодких страв і напоїв з використанням гарбуза, моркви, горобини.

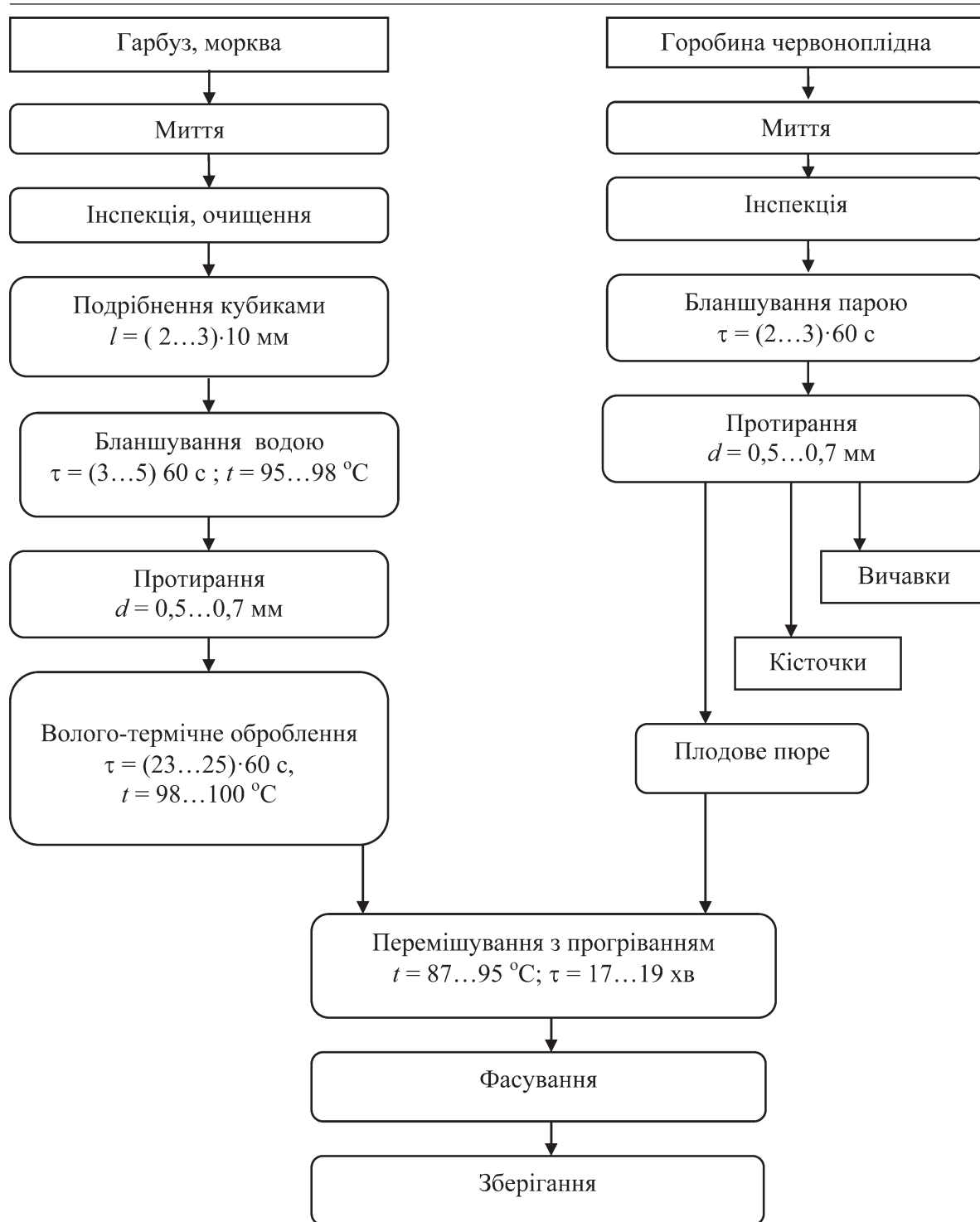
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Останніми роками дедалі більше уваги приділяється проблемі пошуку принципово нових добавок під час приготування страв з пінною структурою, які дозволили б зекономити традиційні піно- та структуроутворювачі і водночас поліпшити харчову та біологічну цінність кінцевих продуктів [20, 21]. Нами розроблено напівфабрикат (пюре) на основі гарбуза та моркви з червоноплідною горобиною «Помаранчеве небо», норми витрати сировини для виробництва якого наведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Норми витрати сировини для виробництва 100 кг напівфабрикату «Помаранчеве небо»

Найменування сировини	Розрахункові норми закладки сировини, кг	Втрати та відходи, %		Норми витрати сировини на 100 кг готової продукції, кг
		під час первинної обробки, бланшування, протирання	під час змішування, фасування	
Гарбуз	105	25	5	73,5
Морква	130	25	5	91,0
Горобина	6	30	5	3,9
Цукор	10	—	—	10
Вихід	257	—	—	184,4

Технологічну схему напівфабрикату «Помаранчеве небо» показано на рис. 1.

Під час теплової дії у процесі кулінарного оброблення або промислового перероблення відбуваються зміни хімічного складу, пов'язані зі зміною просторової орієнтації клітинних структур, інактивацією ферментів, процесів окиснювання пігментного комплексу, частковим руйнуванням деяких вітамінів тощо.



**Рисунок 1** — Технологічна схема напівфабрикату «Помаранчеве небо»

У табл. 2 наведені дані харчової цінності напівфабрикату «Помаранчеве небо».

Аналіз даних, наведених у табл. 2, показує, що напівфабрикат морквяно-гарбузовий з горобиною «Помаранчеве небо» відрізняється високою харчовою цінністю, яка здебільшого визначається його мінеральним та вітамінним складом. Результати проведених експериментів показали, що використання пюре горобини в технології виробництва напівфабрикату на основі гарбуза та моркви надає йому певного забарвлення, тобто пюре можливо розглядати як джерело натуральних барвників фенольного походження. Доцільним також є використання горобини як сировини зі стійким барвним ефектом для одержання пюре з підвищеним вмістом біологічно активних речовин. Пюре горобини додає продукту корисних активних речовин та робить страву більш цінною в харчовому та біологічному сенсі.

**Таблиця 2** — Хімічний склад напівфабрикату «Помаранчеве небо»

Найменування показника		Одиниці вимірювання	Пюре з гарбуза (контроль)	Пюре морквяно-гарбузове з горобиною «Помаранчеве небо»
Вода		%	76,2±1,15	75,6±1,15
Білок		-//-	0,32±0,01	0,35±0,01
Жир		-//-	0,2±0,02	0,1±0,02
Вуглеводи	загальні	-//-	21,31±0,04	21,17±0,04
	моно- і дисахариди	-//-	16,3±0,4	19,2±0,4
Клітковина		%	0,6±0,01	0,5±0,01
Пектинові речовини		-//-	1,04±0,03	1,28±0,03
Органічні кислоти		-//-	0,63±0,03	0,94 ±0,03
β-каротин		мг/100 г	197,2±0,2	241,8±0,1
Аскорбінова кислота		мг/100 г	11,70±0,02	25,90±0,02
Зольні речовини		%	0,30±0,01	0,40±0,02
Енергетична цінність		ккал/100 г	94,9	90,7

Зоровий апарат людини постійно контактує зі шкідливими факторами навколишнього середовища, такими як УФ-випромінювання, потужні світлові потоки, тютюновий дим, пил тощо. Наслідком їх дії є утворення вільних радикалів, здатних пошкоджувати клітини ока. Це підвищує ризик виникнення з віком захворювань очей (катаракти, дегенерації сітківки, ушкодження судин), втрати зору і сліпоті. Для протидії цим процесам до раціону постійно повинні входити такі речовини: каротиноїди (лютеїн, зеаксантин) вітаміни А та С, мікроелементи (мідь і цинк). Тому розроблений напівфабрикат, який є джерелом каротиноїдів, вітаміну С, міді та цинку, цілком відповідає концепції створення функціональних продуктів для профілактики захворювань зору.

Узагальнені експериментальні дані про технологічні властивості та харчову цінність напівфабрикату «Помаранчеве небо» дали змогу розробити рецептури та технологічні схеми солодких страв з метою їх впровадження у практику підприємств ресторанного господарства.

Використання пюре «Помаранчеве небо» позитивно впливає на стійкість білка яєчного білка та дозволяє заощаджувати дефіцитну білкову сировину та збагачувати вироби комплексом біологічно активних речовин.

Під час вивчення піноутворювальної здатності та стійкості білка яєчного білка з наявністю гарбуза нами було визначено, що оптимальною часткою заміни яєчного білка гарбузом зі збереженням показників якості пінної структури є величина 15...18 %. Це дає можливість зменшувати вміст яєчного білка у процесі виготовлення самбуків за рахунок пюре на основі гарбуза.

Таким чином, проведені дослідження свідчать про високу якість розробленого напівфабрикату, що дає змогу рекомендувати його для використання у виробництві широкого асортименту солодких страв і напоїв, які користуються великою популярністю серед школярів, що дозволить значно збагатити раціон біологічно цінними функціональними інгредієнтами. Впровадження у харчову промисловість продуктів харчування з використанням рослинної сировини, які мають функціональні властивості, є перспективним напрямом розвитку сучасної технології завдяки різноманіттю, дешевизні, повсюдному поширенню рослинної сировини, а також особливостям її хімічного складу і технологічних властивостей.

**Висновки.** Отже, розроблений напівфабрикат «Помаранчеве небо», який є джерелом каротиноїдів, вітаміну С, міді та цинку, рекомендовано для виробництва функціональних



продуктів (солодких страв та напоїв) для профілактики захворювань зору. Надалі планується визначення реологічних характеристик розробленого напівфабрикату та доведення його функціональних властивостей (фізіологічної дії), вивчення функціонально-технологічних характеристик страв на основі дослідженого напівфабрикату, а також розроблення серії функціональних продуктів дитячого харчування для профілактики захворювань зору.

#### Список літератури / References

1. Берзін В. І., Стельмахівська В. П. Гігієнічні аспекти проблеми харчування дітей шкільного віку в сучасних умовах. *Здоров'я суспільства*. 2018. Том 7. № 2. С. 87–89. doi: 10.22141/2306-2436.7.2.2018.137733.

Berzin, V. I., Stelmakhivska, V. P. (2018). *Gigienichni aspekti problemi harchuvannya dIt-ey shkilnogo viku v suchasniy umovah* [Hygienic aspects of the problem of nutrition of school children in modern conditions]. *Zdorovia suspilstva* [Public health], no. 7 (2), pp. 87–89. doi: 10.22141/2306-2436.7.2.2018.137733.

2. Годун Н. І. Раціональне харчування сучасних підлітків як здоров'язберігаючий фактор. *Молодий вчений*. 2016. № 36.1. С. 46–49.

Godun, N. I. (2016). *Ratsionalne kharchuvannya suchasnykh pidlitkiv yak zdoroviazberihai-uchy faktor* [Eating modern adolescents as a health factor]. *Molodiy vcheniy* [Young scientist], no. 36.1, pp. 46–49.

3. Гозак С. В. та ін. Фактичне харчування сучасних школярів та його вплив на розумову працездатність і втому. *Довкілля та здоров'я*. 2017. № 3. С. 29–33.

Gozak, S. V. (2017). *Faktichne harchuvannya suchasniy shkolyariv ta yogo vpliv na rozumovu pratsezdattnist i vtomu* [The actual nutrition of modern students and its effect on mental performance and fatigue]. *Dovkillia ta zdorovia* [Environment and health], no. 3, pp. 29–33.

4. Ковтюк Н. І. Зміни стереотипів харчування у сучасних школярів. *Актуальные проблемы транспортной медицины*. 2014. № 1 (35). С. 33–36.

Kovtyuk, N. I. (2014). *Zmini stereotipiv harchuvannya u suchasniy shkolyariv* [Changes in nutrition stereotypes in modern schoolchildren]. *Aktualnyie problemyi transportnoy meditsinyi* [Actual problems of transport medicine], no. 1 (35), pp. 33–36.

5. Ряднова В. В., Безкоровайна І. М., Воскресенська Л. К. Охорона зору у дітей шкільного та дошкільного віку. *Вісник проблем біології і медицини*. 2014. Вип. 3. Том 1 (110). С. 300–303.

Ryadnova, V. V., Bezkorovayna, I. M., Voskresenska, L. K. (2014). *Ohorona zoru u ditey shkilnogo ta doshkilnogo viku* [Vision protection in school and preschool children]. *Visnik problem biologiyi i meditsinyi* [Bulletin of problems of biology and medicine], no. 3 (110), pp. 300–303.

6. Saha, D., Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, no. 6 (47), pp. 587–597. doi:10.1007/s13197-010-0162-6.

7. Steve, W. Cui, Yoon, HyukChang (2014). Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *Food Science and Technology*, no. 58 (2), pp. 396–403. doi:10.1016/j.lwt.2014.04.012.

8. Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, no. 50 (2), pp. 162–192. doi: 10.1080/10408390802248833.

9. Haddad, M. Al., Mounir, S., Sobolik, V., Allaf, K. (2008). Fruits and vegetables drying combining hot air, DIC technology and microwaves. *International Journal of Food Engineering*, no. 4 (6), article 9. doi: 10.2202/1556-3758.1491.

10. Abdullah, S. H., Zhao, S., Mittal, G. S., Baik, O.-D. (2012). Extraction of podophyllotoxin from *Podophyllum peltatum* using pulsed electric field treatment. *Separation and Purification Technology*, no. 93, pp. 92–97.

11. Agcam, E., Akyildiz, A., Evrendilek, G. A. (2014). Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields and conventional thermal pasteurisation. *Food Chemistry*, no. 143, pp. 354–361.

12. Bai, Y., Li, C., Zhao, J., Zheng, P., Li, Y., Pan, Y., Wang, Y. (2013). A high yield method of extracting alkaloid from *Aconitum coreanum* by pulsed electric field. *Chromatographia*, no. 76 (11–12), pp. 635–642.

13. Barba, F. J., Grimi, N., Vorobiev, E. (2014). New approaches for the use of nonconventional cell disruption technologies to extract potential food additives and nutraceuticals from microalgae. *Food Engineering Reviews*, no. 7 (1), pp. 45–62.

14. Carbonell-Capella, J. M., Buniowska, M., Barba, F. J., Esteve, M. J., Frígola, A. (2014). Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, no. 13 (2), pp. 155–171.

15. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і соусів із вітапектином та фітосорбентом: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Нац. ун-т харч. технологій. Київ, 2012. 192 с.

Shevchenko, O. V. (2012). *Tehnologiya solodkih strav i sousiv iz vitapektinom ta fitosorbentom* [Technology sweet dishes and sauces with capaccino and procorbiscom : dis. ... PhD in Engineering sciences], Kyiv, 192 p.

16. Хомич Г. П., Капрельянц Л. В. Фенольні сполуки дикорослих плодів та ягід: склад, властивості, зміни при переробці : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2013. 217 с.

Homich, G. P., Kaprelyants, L. V. (2013). *Fenolni spoluki dikoroslih plodiv ta yagid: sklad, vlastivosti, zmini pri pererobtsi* [Phenolic compounds of wild fruits and berries: composition, properties, changes during processing]. Poltava, 217 p.

17. Голубев В. Н., Ильина О. А. Технология овощефруктовых паст с активированным пектином. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2012. № 10. С. 32–33.

Golubev, V. N., Ilina, O. A. (2012). *Tehnologiya ovoshefruktovyih past s aktivirovannyim pektinom* [The technology of vegetable and fruit pastes with an activated pectin]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria* [Storage and processing of agricultural raw materials], no. 10, pp. 32–33.

18. Гніщевич В. А., Слащева А. В., Іващенко М. В. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин. *Науковий журнал «Вісник ДонНУЕТ». Серія: Технічні науки*. 2014. №1 (58). С. 37–45.

Gnitsevich, V. A., Slashcheva, A. V., Ivashchenko, M. V. (2014). *Obgruntuvannya mozhlivosti vikoristannya fermentnih preparativ u tehnologiyah roslinnih napivfabrikativ z pidvischenim vmistom pektinovyh rechovin* [The substantiation of possibility of application of enzymatic preparations in the technologies of vegetable raw materials with a high content of pectin substances], *Naukoviy zhurnal «Visnik DonNUET», Part: Tehnichni nauki* [Scientific Journal «DonNUET Bulletin». Series: Technical Sciences], no. 1 (58), pp. 37–45.

19. Малюк Л. П., Давидова О. Ю., Балацька Н. Ю. Дослідження радіопротекторних властивостей розроблених соусів з малини та бузини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2008. Вип. 18. Т. 1. С. 302–308.

Malyuk, L. P., Davidova, O. Yu., Balatska, N. Yu. (2008). *Doslidzhennya radioprotekturnih vlastivostey rozroblenih sousiv z malini ta buzini* [Study of radioprotective properties of the developed sauces of raspberry and elderberry], *Obladnannya ta tehnologiyi harchovyh virobnitstv* [Food production equipment and technologies]. no. 18 (1), pp. 302–308.

20. Джамалдинова Б. А. Получение и применение полуфабрикатов дикорастущих плодов для обогащения кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Воронеж, 2007. 188 с.

Dzhamaldinova, B. A. (2007). *Poluchenie i primenenie polufabrikatov dikorastuschih plodov dlya obogascheniya konditerskih izdeliy* [The receipt and use of semi-wild fruits for enrichment of confectionery products: dis. ... PhD in Engineering sciences], Voronezh, 188 p.

21. Хомич Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.13 / Одес. нац. ун-т харч. технологій. Одеса, 2012. 366 с.

Homich, G. P. (2012). *Naukovi osnovi tehnologiyi pererobki fruktovo-yagidnoyi dikorosloyi sirovini* [Scientific bases of technology of processing of fruit and berries wild-growing raw materials: dis. ... PhD in Engineering sciences], Odessa, 366 p.

**Цель** — научное обоснование и разработка новой технологии функционального полуфабриката для сладких блюд и напитков с использованием тыквы, моркови, рябины красноплодной.

**Методы.** Отбор проб проводился согласно требованиям ДСТУ ISO 874–2002, приготовление проб для лабораторных анализов — по ГОСТ 7040: 2009. При исследовании физико-химических показателей определялись: содержание сухих веществ в сырье — по ДСТУ ISO 751–2004; массовая доля растворимых сухих веществ — рефрактометрическим методом по ДСТУ ISO 2173:2007; массовая доля титруемых кислот (в пересчете на яблочную кислоту) — по ГОСТ 4957:2008; содержание аскорбиновой кислоты — по Б. П. Плешкову; содержание белка определяли по методу Кьельдаля; количественное определение микроэлементов — меди, цинка, марганца проводили методом атомной абсорбции.

**Результаты.** Разработана технология полуфабриката для сладких блюд на основе пюре тыквы, моркови и красноплодной рябины. Использование полуфабриката при приготовлении сладких блюд с пенной структурой позволит сэкономить традиционные пено- и структурообразователи и одновременно улучшать пищевую и биологическую ценность конечных продуктов. Разработанный полуфабрикат «Оранжевое небо» отличается высокой пищевой ценностью, что во многом определяется его минеральным и витаминным составом, который является источником каротиноидов, витамина С, меди и цинка, что полностью соответствует концепции создания функциональных продуктов для профилактики заболеваний зрения. Определено, что использование полуфабриката «Оранжевое небо» положительно влияет на устойчивость пены яичного белка и позволяет сэкономить дефицитное белоквсосодержащее сырье и обогатить изделия комплексом биологически активных веществ. Установлено, что оптимальной долей замены яичного белка полуфабрикатом с сохранением показателей качества пенной структуры является величина 15...18 %.

**Ключевые слова:** растительный полуфабрикат, сладкие сбивные блюда, профилактика заболеваний зрения, устойчивость пены, пищевая ценность, тыква, морковь, красноплодная рябина.

**Objective.** The purpose of the article is the scientific substantiation and development of new technology of functional semi-finished product for sweet dishes and drinks using pumpkin, carrot, red-fruited rowan.

**Methods.** Sampling was performed in accordance with the requirements of DSTU ISO 874-2002, sample preparation for laboratory analysis — in accordance with DSTU 7040:2009. In the study of physicochemical parameters were determined: content of solids in raw materials — according to DSTU ISO 751-2004; mass fraction of soluble solids- by refractometric method according to DSTU ISO 2173:2007; mass fraction of titrated acids (in terms of malic acid) — according to DSTU 4957:2008; ascorbic acid content — according to Pleshkov B. P.; protein content was determined by the Kjeldal method; quantitative determination of trace elements — copper, zinc, manganese was carried out by atomic absorption.

**Results.** Semi-finished technology for sweet dishes based on pumpkin puree, carrots and red-rowan rowan has been developed. The use of a semi-finished product in the preparation of sweet dishes with foamy structure will save traditional foam and structure-forming and at the same time improve the nutritional and biological value of the final products. the source of carotenoids, vitamin C, copper and zinc, is fully in line with the concept of creating functional products for the prevention of vision diseases. It is determined that the use of «Orange Sky» semi-finished product has a positive effect on the stability of the foam of egg white and allows to save scarce protein raw materials and enrich products with a complex of biologically active substances. It is established that the value of 15...18 % is the optimal part of replacement of egg white with pumpkin while maintaining the quality of foam structure.

**Key words:** vegetable semi-finished product, sweet whipped foods, prevention of vision diseases, foam resistance, nutritional value, pumpkin, carrots, red-fruited rowan.

# ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-20-27  
УДК 663.916.1

*Гніцевич В. А., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*  
*Гончар Ю. М., аспірант<sup>1</sup>*  
*Євдомаха Т. І., магістрант<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна,  
e-mail: flamber1965@gmail.com

## СТРУКТУРОУТВОРЮВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ЗГУЩЕНОЇ НИЗЬКОЛАКТОЗНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

UDC 663.916.1

*Hnitsevych V., Grand PhD in Engineering sciences,  
Professor<sup>1</sup>*  
*Honchar Y., Postgraduate<sup>1</sup>*  
*Yevdomakha T., Master's Degree<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: flamber1965@gmail.com

## THE STRUCTURE-FORMING PROPERTIES OF SEMI-PRODUCT ON THE BASIS OF CONCENTRATED LOW LACTOS MILK WHEY

**Мета** — дослідження реологічних та функціонально-технологічних властивостей модельних систем на основі згущеної низьколактозної сироватки та ферментованої м'якоти гарбуза для створення структурованої харчової продукції.

**Методи.** Значення поверхневого натягу дослідних зразків з розведенням до 0,1...1,0 % визначали сталагмометричним методом за температури +23,3 °С. Піноутворювальну здатність та стійкість піни модельних систем визначали методом Лур'є. Ефективну в'язкість досліджували на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М. Гранічну напругу зсуву зразків визначали екстраполяцією лінійної ділянки кривої  $\tau = f(\dot{\gamma})$ , за швидкістю зсуву 100 с-1, що відповідає значенням при органолептичному оцінюванні під час споживання продукції. Жиропоглинальну здатність визначали за кількістю рослинної олії, необхідної для досягнення точки інверсії. Визначення точки інверсії фаз для оцінювання емульгуючої здатності модельних систем здійснювалось за методикою О. М. Гурова. Тип емульсії досліджували методом розведення у воді. Стійкість емульсії визначали за ГОСТ 31762-2012.

**Результати.** Досліджено реологічні властивості модельних систем напівфабрикату, компонентами якого є ферментована та згущена сироватка молочна підсирна зі зниженим вмістом лактози та ферментоване пюре з м'якоти гарбуза. Встановлено вплив співвідношення компонентів на формування структуроутворювальних показників.

Проведеними дослідженнями реологічних та функціонально-технологічних властивостей обґрунтовано раціональний вміст згущеної низьколактозної молочної сироватки та ферментованого пюре з м'якоти гарбуза з підвищеним вмістом пектину як (60...70): (30...40). Таке співвідношення виявляє високі емульгуювальні та стабілізуювальні властивості, дозволяючи отримувати емульсійні системи зі стійкістю  $98 \pm 2$  % за вмісту олії 60 %. Таким чином обґрунтовано застосування напівфабрикату як основу для соусів емульсійного типу.

**Ключові слова:** сироватка молочна, ферментоване пюре з м'якоти гарбуза з підвищеним вмістом пектину, згущена у вакуумі низьколактозна молочна сироватка, модельні системи, реологічні властивості.

**Постановка проблеми.** Важливою проблемою харчової промисловості в сучасних умовах є залучення до господарського обороту місцевих сировинних ресурсів. Провідну роль у цьому відведено молочній промисловості. Більшість традиційних способів пере-

Надійшла до редакції 10.11.2019 р. © В. А. Гніцевич, Ю. М. Гончар, Т. І. Євдомаха, 2019

роблення молока передбачають отримання побічних продуктів, які не використовуються надалі або піддаються неповному переробленню. Вирішення проблеми їх раціонального використання можливе за рахунок створення маловідходних і безвідходних технологій перероблення та виробництва харчової продукції. Таким чином, застосування вторинної молочної сировини, зокрема молочної сироватки, у виробництві харчових продуктів виступає одним із перспективних шляхів комплексного перероблення цієї цінної сировини.

Водночас реалізацію стратегічного напряму розвитку галузі харчової промисловості щодо раціонального використання сировинних ресурсів спрямовано на зростання об'ємів виробництва та розширення асортименту продукції на основі вторинної молочної та рослинної сировини. Такі продукти можуть використовуватися для масового та лікувально-профілактичного харчування. Для використання в харчуванні хворих на мальабсорбцію лактози запропоновано використання згущеної молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози (ЗНМС) [1] та ферментованого пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину (ФПМГ) [2] у вигляді напівфабрикату для структурованої харчової продукції. У зв'язку із цим постала проблема щодо визначення їх раціонального співвідношення для проявлення максимальних структуроутворювальних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним з перспективних напрямів, які розширюють сферу використання сироватки, є отримання низьколактозних продуктів унаслідок використання ферментних препаратів направленої дії, в т. ч. на основі пропіоновокислих бактерій. У результаті процесу ферментування сироватка збагачується цінними продуктами метаболізму, такими як вітаміни групи В, органічні кислоти, ферменти, імунні тіла та інші біологічно активні речовини [3].

Серед харчової продукції на основі вторинної молочної сировини значну частину займають структуровані вироби. Формування структури даної продукції можливо за наявності поверхнево-активних речовин. Роль структуроутворювачів у традиційних технологіях виконують яєчні та молочні продукти, а також технологічні добавки. Узагальнений досвід вітчизняних та іноземних учених визначив, що у технологіях таких продуктів доцільно використовувати рослинний компонент у вигляді пюре, паст тощо. Він виконує роль стабілізатора систем завдяки вмісту пектинових речовин та інших полісахаридів [4].

У системах, які містять молочні білки та низькоестерифікований пектин, можуть проявлятися різні взаємодії. Залежно від температури та тривалості оброблення, рН середовища, іонної сили розчину та співвідношення білків та пектину в системах можливе утворення комплексів (внутрішньомолекулярних, інтермолекулярних, електронейтральних, заряджених, коацерватів) [5–7].

Використання процесів ферментації для молочної та рослинної сировини може призводити до утворення комплексів між білками та пектином з одержанням частинок з різними розмірними характеристиками. Тобто вони можуть виступати як жирозамінники, імітуючи високожирні продукти. Такі нерозчинні комплекси у вигляді частинок можуть стабілізувати емульсії за типом Пікерінг стабілізації, або за рахунок розчинних комплексів за типом стеричної стабілізації. Це визначатиме текстуру готового продукту [3,8]. Зазначені процеси встановлюватимуть функціонально-технологічні властивості систем, зокрема, їх здатність утворювати та стабілізувати піноподібні, емульсійні та інші системи, надавати їм стійкості до впливу температури, зміни рН, введення інших компонентів [9–10].

У літературі достатньо повно описаний характер взаємодії казеїну та його фракцій з полісахаридами та властивості таких систем [11]. Щодо взаємодії сироваткових білків та пектинів, зокрема низькоестерифікованих, дані не системні та обмежені. Тому необхідним є проведення досліджень із визначення реологічних та функціонально-технологічних властивостей модельних систем на основі згущеної низьколактозної молочної сироватки та пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину. На підставі цього можливе розроблення рекомендацій щодо використання таких систем як основи структурованої продукції.

**Мета статті** — дослідження реологічних та функціонально-технологічних властивостей модельних систем на основі згущеної низьколактозної сироватки та ферментованої м'якоті гарбуза для створення структурованої харчової продукції.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- дослідження реологічних властивостей ЗНМС та ФПМГ;
- визначення впливу співвідношення компонентів на формування структуроутворювальних властивостей харчових систем з їх використанням;
- надання рекомендацій щодо подальшого використання НЗНМС, виходячи з реологічних характеристик напівфабрикату.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Оцінювання ефективності речовини як структуроутворювача здійснюється за її спроможності зменшувати поверхневий натяг води. Для оцінювання властивостей ЗНМС визначали поверхневий натяг води з її вмістом 0,1...1 %. Результати наведені на рис. 1.

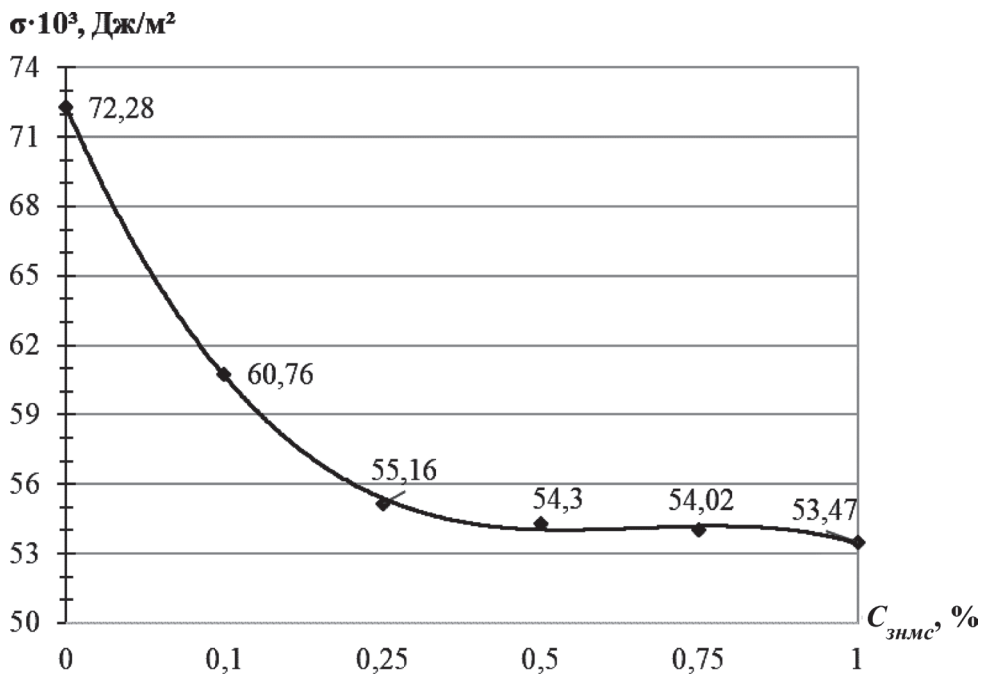


Рисунок 1 — Ізотерма поверхневого натягу розчину ЗНМС

Зменшення поверхневого натягу на межі розподілу фаз свідчить про зростання концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР) у моношарі. Це зумовлено збільшенням вмісту сироваткових білків у розчині. Однак необхідно визначити, які процеси відбуваються під час утворення структур та можливості їх регулювання з метою одержання стабільних систем.

Проведені дослідження піноутворювальної здатності згущеної молочної сироватки показали, що цей показник не перевищує 23 %. Низьку піноутворювальну здатність (ПУЗ) можна пояснити вмістом жиру, що становить близько 5 %. Додатковим чинником, що визначає низьку піноутворювальну здатність, може бути висока в'язкість розчину, що ускладнює процес диспергування повітря в системі. Встановлено, що стійкість піни (СП), утвореної ЗНМС, становить 11 %, що, ймовірно, пояснюється значним вмістом бульбашок з низькою дисперсністю, які руйнуються через процес диспропорціонування [12]. Одержані величини ПУЗ та СП для всіх досліджуваних зразків є недостатніми для їх подальшого використання як піноутворювача.

Процеси піноутворення й емульгування відрізняються за величиною роботи, необхідної для диспергування. Вона визначається міжфазним натягом та густиною дисперсних фаз. Надалі досліджували емульгувальні властивості ЗНМС та модельних систем на її основі. Здатність ЗНМС знижувати поверхневий натяг при адсорбції на межі розподілу фаз свідчить про високу поверхневу активність, що підтверджує ефективність її застосування в складі емульсій. Проте такі емульсії є потенційно нестабільними системами. Тому доцільним є дослідження способів її стабілізації, наприклад рослинною компонентою, багатою на пектинові речовини.

Відомо, що пектини утворюють міжмолекулярні комплекси з молочними білками, які можуть виступати вискоєфективними стабілізаторами емульсій. Досліджено модельні композиції при різних співвідношеннях компонентів. Оцінювання взаємодії сироваткових білків та пектину здійснювали реологічними методами. Вони можуть фіксувати аномальні зміни в'язкості, граничної напруги зсуву систем, на основі чого можна стверджувати про взаємодію речовин або відсутність такої.

У модельних композиціях вміст ФПМГ становив 10...60 %, що визначено попередньо органолептично. Результати досліджень ефективної в'язкості модельних систем наведено на рис. 2.

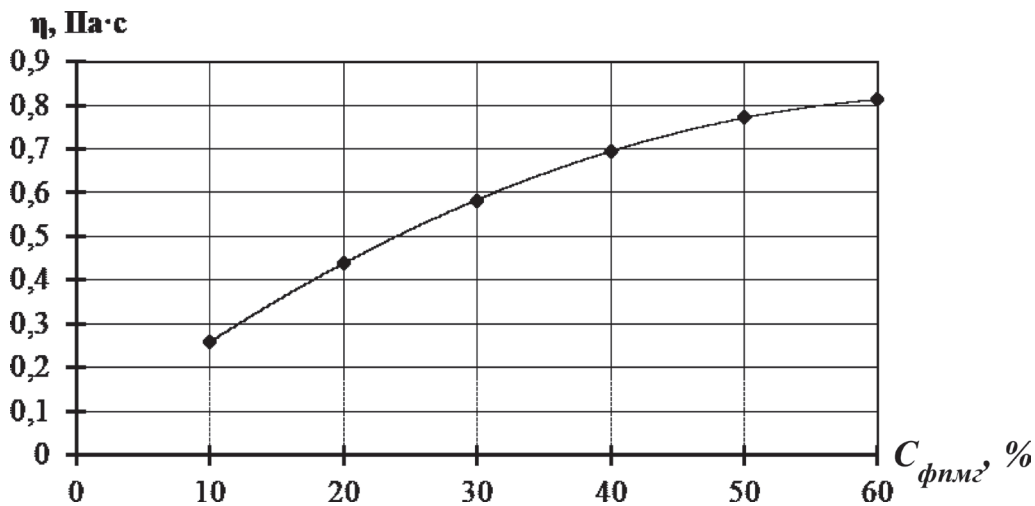


Рисунок 2 — Ефективна в'язкість модельних композицій залежно від концентрації ФПМГ (за швидкості зсуву 100 с<sup>-1</sup>)

Встановлено, що зі зростанням частки ФПМГ з 10 % до 60 % ефективна в'язкість зростає в 3,1 рази. Тобто можна стверджувати про відсутність коацервації комплексів білок–пектин та термодинамічної несумісності білків з пектинами. У таких випадках в'язкість системи мала би зменшуватися. Одержані дані свідчать про взаємодію сироваткових білків та пектинів з формуванням взаємопрониклих полімерних сітчастих структур у процесі міцелоутворення. При одночасному або послідовному формуванні взаємопрониклих полімерних сітчастих структур відбувається мікрофазний розподіл білків і вуглеводів через несумісність. Вона виникає з міжвузлових ланцюгів із подальшим орієнтованим витискуванням молекул полісахаридів на поверхню білків. Підвищення концентрації вуглеводів у мікрооб'ємах призводить до посилення їх самостійної асоціації, утворення водневих зв'язків, об'єднаних ділянок із піранозних структур пектину. Це, своєю чергою, призводить до більш швидкого зростання в'язкості. Процес гальмує фазовий розподіл полісахаридів, що забезпечує необхідне упорядкування їх надмолекулярних структур і стабілізує структуру системи.

Визначення величини та залежності граничної напруги зсуву (ГНЗ) від вмісту компонентів дає змогу визначити можливий вид взаємодії та охарактеризувати реологічну поведінку систем. Встановлено, що зі збільшенням вмісту ФПМГ гранична напруга зсуву збільшується. Слід зазначити, що в напівлогарифмічних координатах ГНЗ від вмісту пюре спостерігається наявність точки перелому кривої за вмісту ФПМГ 30 % (рис. 3). Імовірно, змінюється вид взаємодії білків та пектинів. Відбувається зростання структуроутворювальної здатності в 4,6 рази до концентрації 30 %, порівняно з системами, що містять 40...60 % ФПМГ. На основі одержаних даних можна констатувати, що за вмісту ФПМГ 30 % досягається максимальна реалізація структуроутворювальних властивостей, системи характеризуються як в'язко-пластичні.

Подальше збільшення ГНЗ є наслідком зміни взаємодії сироваткових білків та пектину. Про це свідчить швидкість зростання ГНЗ, що визначається тангенсом кута нахилу кривої, який зменшується в 4,6 рази. Імовірно, змінюються розчинність комплексів, мо-

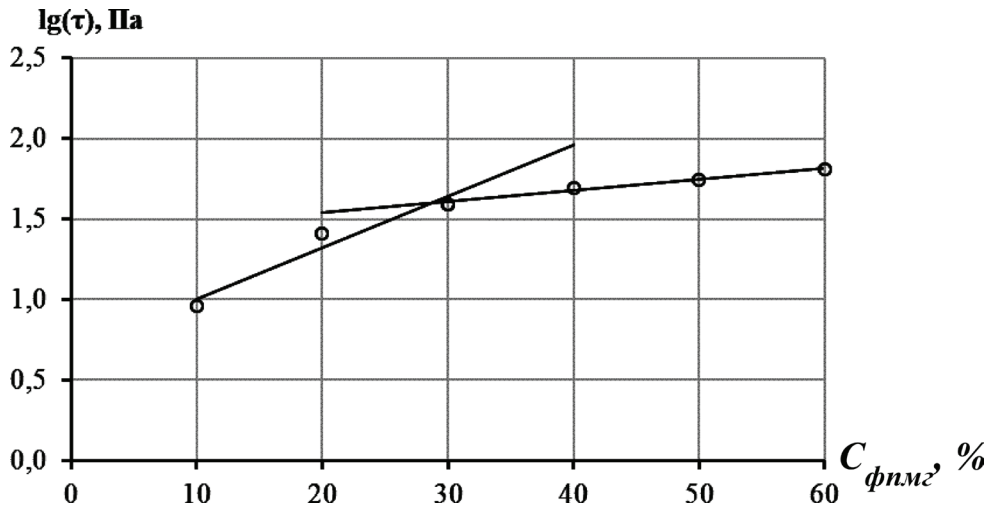


Рисунок 3 — Залежність логарифму ГНЗ систем від співвідношення компонентів системи

лекулярна маса та коефіцієнт дифузії, що узгоджується з дослідженнями, у яких доведено, що зі збільшенням вмісту пектину збільшується розмір частинок білок–пектин.

Таким чином, наведені дані свідчать, що застосування рослинної сировини для надання певних функціонально-технологічних властивостей має декілька переваг. По-перше, це підвищення харчової та біологічної цінності, надання продукції лікувально-профілактичного характеру, радіопротекторної та імуномодельючої дії. По-друге, рослинна тканина здатна утримувати рідину в структурі продукту, підвищуючи стабільність при зберіганні, формувати та підвищувати в'язкість харчових систем. По-третє, в даному випадку ФПМГ виступає як смаковий наповнювач та барвник. Але особливу увагу ФПМГ привертає як джерело пектинів, що може дозволити заощаджувати традиційні структуроутворювачі.

Можна констатувати, що внесення до складу модельних систем різної кількості ФПМГ дасть змогу регулювати в'язкість як фактор стабільності систем. Оскільки протидіючим чинником процесу емульгування олії є величина ефективної в'язкості, що призводить до значних енерговитрат у процесі емульгування, то необхідним є оцінювання емульгувальної здатності системи.

Емульгувальну здатність модельних систем оцінювали за точкою інверсії фаз (рис. 4). Встановлено, що залежність точки інверсії від співвідношення компонентів має екстремальний характер. В інтервалі вмісту ФМПГ 0...30 % емульгувальна здатність збільшується. Подальше збільшення до 40...60 % призводить до її зменшення у 1,3 рази. За вмісту ФПМГ 30...40 % точка інверсії фаз емульсії відповідає жировмісту 91...92 %. Аналіз одержаних даних дозволяє констатувати про кореляцію ГНЗ систем та точки інверсії фаз емульсії. Ймовірно, це пов'язано з утворенням комплексів, максимальна гідрофобність яких утворюється в системах за вмісту ФПМГ 30...40 %. За вмісту ФПМГ понад 40 % імовірно змінюється гідрофільно-ліпофільний баланс, збільшуються розмірні характеристики і, як наслідок, відбувається зменшення коефіцієнта дифузії.

Це негативно впливає на емульгувальну ємність. Однак можна спрогнозувати позитивний вплив на стійкість емульсії.

Проведені дослідження стійкості емульсії (СЕ) за вмісту олії 20...60 % дозволяють встановити, що зі збільшенням її вмісту СЕ збільшується (рис. 5). Так, за вмісту ФПМГ 40...60 % та вмісту олії 60 % досягається стійкість емульсії  $98 \pm 2 \%$ , що відповідає вимогам нормативної документації щодо майонезів.

Слід зазначити, що в системах із вмістом олії 40...60 % за вмісту ФПМГ 40...60 % стійкість емульсії майже не змінюється, хоча в'язкість системи в даному діапазоні збільшується. На основі аналізу ємності та стійкості емульсії можна рекомендувати раціональне співвідношення компонентів модельних систем на основі ЗНМС для одержання соусів емульсійного типу.



Жировміст, %

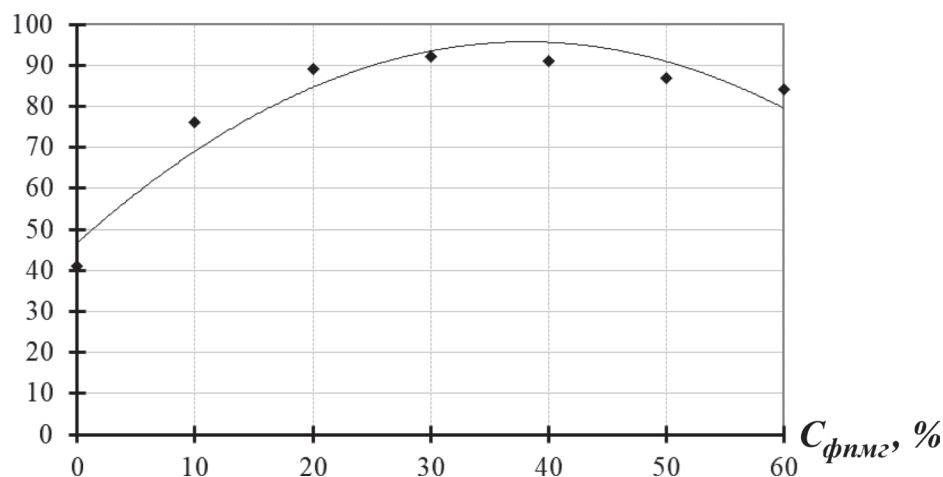


Рисунок 4 — Залежність точки інверсії емульсій від співвідношення компонентів

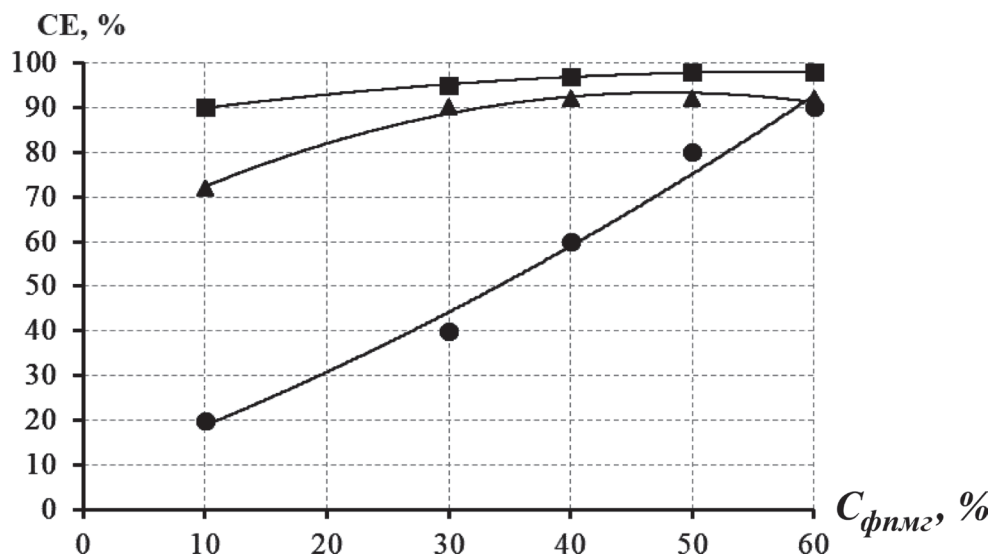


Рисунок 5 — Стійкість емульсії залежно від співвідношення компонентів

**Висновки.** Проведеними дослідженнями реологічних та функціонально-технологічних властивостей обґрунтовано співвідношення згущеної низьколактозної молочної сироватки та ферментованого пюре з м'якоті гарбуза з підвищеним вмістом пектину як (60...70): (30...40), як таке, що виявляє високі емульгувальні та стабілізуювальні властивості, дозволяючи отримувати емульсійні системи зі стійкістю  $98 \pm 2\%$  за вмісту олії 60 %.

#### Список літератури / References

- Гніцевич В. А., Чикун Н. Ю., Гончар Ю. М. Дослідження кінетики ферментолізу лактози сироватки. Товари і ринки. Київ : КНТЕУ. 2017. №2 (24). С. 97–104.  
Gnitsevich V., Chikun N., Honchar Y. (2017). *Doslidzhennia kinetyky fermentolizu laktozy syrovatky* [Kinetics of whey lactose fermentolysis]. *Tovary i rynky* [Commodities and market]. Kyiv: KNTEU, no. 2 (24), pp. 97–104.
- Гніцевич В. А., Гончар Ю. М. Дослідження процесу ферментолізу м'якоті гарбуза Наукові праці НУХТ. Т. 24. № 2. 2018. С. 203–208.  
Gnitsevich V., Honchar Y. (2018). *Doslidzhennia protsesu fermentolizu miakoti harbuza* [Investigation of the process of pumpkin pulp fermentation]. *Naukovi pratsi NUKhT*, no. 24 (2), pp. 203–208.
- Гніцевич В. А., Дейниченко Л. Г., Горальчук А. Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. Наукові праці НУХТ. 2017. №2 (23), pp. 182–190.

Gnitsevich V., Daynichenko L., Goralchuk A. (2017). *Reolohichni vlastyosti molochno-bilkovykh kontsentrativ*. [The rheological properties of milk protein concentrates]. *Naukovi pratsi NUKhT*, no. 23 (2), pp. 182–189.

4. Гніцевич В. А., Никифоров Р. П., Федотова Н. В., Кравченко Н. В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк : Донбасс. 2014. 337 с.

Gnitsevich V., Nikiforov R., Fedotova N., Kravchenko N. (2014). *Tekhnolohiia kharchovykh produktiv iz zadanymy vlastyostiamy na osnovi vtorynnoi molochnoi ta roslynnoi syrovyny* [Food technology with specified properties based on secondary milk and vegetable raw materials]. Donetsk, DonNUET, 337 p.

5. Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. (2008). *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 46, pp. 406–415.

6. Keren G., Marcela A., Milena C.. Interactions of High Methoxyl Pectin with Whey Proteins at Oil/Water Interfaces at Acid pH. (2005). *Journal Agric. Food Chem.* vol. 53, pp. 2236–2241.

7. Krzeminska A., Prella K. A., Busch-Stockfisch M., Weiss J., Hinrichs J. Whey protein-pectin complexes as new texturising elements in fat-reduced yoghurt systems. (2014). *International Dairy Journal*, vol. 36, pp. 118–127.

8. Goralchuk A. Gubsky S., Tereshkin O., Kotlyar O., Omelchenko S., Tovma L. (2017). Development of a theoretical model for the production of foam emulsions from a mixture of dry fat-containing and its experimental confirmation. *Eastern European Journal of Advanced Technology*, vol. 2, 10 (86), pp. 12–19.

9. Farrag A. Emulsifying and Foaming Properties of Whey Protein Concentrates in the Presence of Some Carbohydrates. (2008). *International Journal of Dairy Science*, vol. 3 (1), pp. 20–28.

10. Setiowati A. D., Serveh S., Wahyu W., Van der Meeren P. (2017). Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect of pectin concentration, pH, and ionic strength. *Food Hydrocolloids*, no. 63, pp. 716–726.

11. Corredig M., Sharafbafi N., Kristo E. (2011). Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structures. *Food Hydrocolloids*, Vol. 25, pp. 1833–1841.

12. Юдіна Т. І. Дослідження тиксотропії емульсійного соусу з використанням концентрату зі сколотин при зберіганні. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 1/6 (73). С. 61–65.

Yudina T. (2015). *Doslidzhennia tiksotropii emylsinogo soysy z vukorustannyam kontsentraty zi skolotun pri zberiganni* [Research of thixotropy of emulsion sauce with buttermilk concentrate during storage]. *Eastern European Journal of Advanced Technology*, vol. 1, 6 (73), pp. 61–65.

**Цель** — исследование реологических и функционально-технологических свойств модельных систем на основе сгущенной низколактозной сыворотки и ферментированной мякоти тыквы для создания структурированной пищевой продукции.

**Методы.** Значение поверхностного натяжения опытных образцов с разведением до 0,1...1,0 % определяли сталагмометрическим методом при температуре +23,3°C. Пенообразующую способность и стойкость пены модельных систем определяли методом Лурье. Эффективную вязкость исследовали на ротационном вискозиметре ВПН-0,2М. Предельное напряжение сдвига образцов определяли экстраполяцией линейного участка кривой  $\tau = f(\dot{\gamma})$ , по скорости сдвига  $100 \text{ c}^{-1}$ , что соответствует значению органолептической оценки при потреблении продукции. Жиропоглощающую способность определяли по количеству растительного масла, необходимого для достижения точки инверсии. Определение точки инверсии фаз для оценки эмульгирующей способности модельных систем осуществлялось по методике О. М. Гурова. Тип эмульсии исследовали методом разведения в воде. Устойчивость эмульсии определяли по ГОСТ 31762-2012.

**Результаты.** Исследованы структурообразующие свойства модельных систем полуфабриката, компонентами которого являются ферментированная и сгущенная сыворотка мо-

лочная подсырная с пониженным содержанием лактозы и ферментированное пюре из мякоти тыквы. Установлено влияние соотношения компонентов на формирование структурообразующих показателей. Проведенными исследованиями реологических и функционально-технологических свойств обосновано рациональное содержание сгущенной низколактозной молочной сыворотки и ферментированного пюре из мякоти тыквы с повышенным содержанием пектина как (60...70): (30...40). Такое соотношение проявляет высокие эмульгирующие и стабилизирующие свойства, позволяя получать эмульсионные системы с устойчивостью  $98 \pm 2$  % при содержании масла 60 %. Таким образом обосновано применение полуфабриката в качестве основы для соусов эмульсионного типа.

**Ключевые слова:** сыворотка молочная, ферментированное пюре из мякоти тыквы с повышенным содержанием пектина, сгущенная в вакууме низколактозная молочная сыворотка, модельные системы, реологические свойства.

**Objective.** The aim of this article is to study the rheological and functional-technological properties of model systems based on condensed low-lactose whey and fermented pumpkin pulp to create structured food.

**Methods.** The surface tension of the test specimens with dilution to 0...1.0 % was determined by the stalagmometric method at  $+23.3^{\circ}\text{C}$ . The foaming capacity and the foam resistance of the model were determined by the Lurie method. The effective viscosity was determined on a VNN-0.2M rotary viscometer. The marginal shear stress of the specimens was determined by extrapolation of the linear section of the curve  $\tau=f(\dot{\gamma})$ , at a shear rate of  $100 \text{ s}^{-1}$ , which corresponds to the values at the organoleptic evaluation during consumption of the product. Fat absorption capacity was determined by the amount of vegetable oil required to reach the inversion point. The determination of the phase inversion point for the estimation of the emulsifying ability of model systems was carried out according to the method of Gurova O. M. The type of emulsion was determined by the method of dilution in water. The stability of the emulsion) was determined according to GOST 31762-2012.

**Results.** The rheological properties of the semi-finished model systems, the components of which are fermented and condensed whey milk with low lactose content and fermented pumpkin pulp, were investigated. The influence of the ratio of components on the formation of structure-forming indicators is established.

Studies of rheological and functional-technological properties have proved the rational content of condensed low-lactose whey and fermented pumpkin pulp with high pectin content as (60...70): (30...40). This ratio exhibits high emulsifying and stabilizing properties, allowing to obtain emulsion systems with a stability of  $98 \pm 2$  % for oil content of 60 %. Thus, the use of a semi-finished product as a basis for emulsion-type sauces is substantiated.

**Keywords:** milk whey, fermented pumpkin pulp with high pectin content, low-lactose whey concentrated in vacuum, model system, rheological properties.

*Юдіна Т. І., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>**Назаренко І. А., канд. техн. наук<sup>2</sup>**Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>**Боднарук О. А., асистент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail: yudina2902@gmail.com

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: nazarenko@donnuet.edu.ua

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОДЕРЖАННЯ ПЮРЕ ГАРБУЗА

UDC 637.344:635.1

*Yudina T. I., Grand PhD in Engineering sciences, Professor<sup>1</sup>**Nazarenko I. A., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>**Simakova O. O., PhD in Engineering sciences, Associate Professor<sup>2</sup>**Bodnaruk O. A., Assistant Professor<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: yudina2902@gmail.com

<sup>2</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: nazarenko@donnuet.edu.ua

### TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR OBTAINING PUMPKIN PUREE

**Мета** — обґрунтувати технологічні параметри оброблення гарбуза для забезпечення реалізації його цільових властивостей як структуроутворювача в технології молочно-гарбузового фаршу.

**Методи.** Вміст пектину та протопектину визначали кальцій-пектатним методом. Визначення рН здійснювали за допомогою потенціометричного методу, заснованого на вимірюванні електрорушійної сили елемента, що складається з електрода порівняння з відомою величиною потенціалу і вимірювального  $H^+$  селективного електрода, потенціал якого зумовлений концентрацією іонів водню у випробуваному об'єкті. При виконанні досліджень, пов'язаних із визначенням рН, застосовувався іонometr універсальний рН-Ев-74, налаштований на рН-метрлю. Як індикаторний електрод застосовували скляний електрод, як електрод порівняння — хлорсрібний електрод.

**Результати.** Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено вибір технологічних параметрів оброблення рослинної сировини для забезпечення реалізації її цільових властивостей як структуроутворювача в технології молочно-рослинних фаршів. Розроблено технологічну схему одержання пюре з гарбуза.

Одержання пюре з гарбуза здійснюється так. Гарбуз сорту Гілея інспектують, промивають та очищують, подрібнюють кубиками з розміром ребра  $l = (0,8...1) \cdot 10^{-2}$  м та здійснюють теплове оброблення паром за температури  $t = 108...112$  °С упродовж  $\tau = (20...25) \cdot 60$  с. Подрібнення гарбуза здійснюють за температури  $t = 75...85$  °С до розмірів  $d = (5...7) \cdot 10^{-4}$  м, теплове оброблення пюре — за температури  $t = 70...80$  °С протягом  $\tau = (6...7) \cdot 60$  с при рН середовища — 3,0...3,4.

Отримане за запропонованим способом пюре з гарбуза має консистенцію, що маститься і не розширюється при зберіганні та подальшому використанні. Накопичення розчинного пектину, що проявляє властивості стабілізатора структури та сприяє підвищенню в'язкості пюре з гарбуза, зумовлює доцільність його використання в технології молочно-гарбузового фаршу.

Надійшла до редакції 22.10.2019 р.

© Т. І. Юдіна, І. А. Назаренко, О. О. Сімакова, О. А. Боднарук, 2019

**Ключові слова:** гарбуз, пектинові речовини, розчинний пектин, структуроутворювач, молочно-гарбузовий фарш.

**Постановка проблеми.** Здоров'я сучасної людини значною мірою залежить від характеру та структури харчування. На сьогодні у щоденному раціоні населення спостерігається істотний дефіцит білкових речовин, вітамінів, мінеральних речовин та харчових волокон, що призводить до зниження резистентності організму до захворювань та несприятливих екологічних факторів довкілля [1].

У загальному обсязі продукції власного виробництва закладів ресторанного господарства значну питому вагу складають страви, для приготування яких використовуються фаршеві маси [2]. Особливу групу становлять комбіновані фарші на основі молочної сировини, під час виробництва яких передбачається додавання до молочної основи різних видів сировини з певними функціонально-технологічними властивостями.

Перспективним напрямом у створенні комбінованих мас фаршу є поєднання молочних продуктів із сировиною рослинного походження, що забезпечує можливість їх взаємного збагачення есенціальними інгредієнтами, а також дозволяє регулювати склад отриманої продукції відповідно до основних принципів раціонального харчування [3–5].

У технології комбінованих мас фаршу доцільним є використання рослинної сировини багатой на пектинові речовини, які будуть виступати як структуроутворювачі технологічної системи фаршів.

Тому особливої актуальності набуває необхідність визначення технологічних параметрів перероблення рослинної сировини з метою забезпечення її цільових функціонально-технологічних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед овочевої сировини високим вмістом пектинових речовин відрізняються коренеплоди (бурак цукровий, кормовий, столовий, морква столова, селера, петрушка, ріпа, бруква, редиска) — від 6,4 до 30,0 % пектинових речовин на суху речовину та гарбузові (гарбузи, кабачки, патисони, огірки) — від 1,7 до 23,6 %. Слід зазначити, що коренеплоди, за винятком моркви столової, поряд з пектиновими речовинами містять значну кількість ефірних олій та глікозидів або цукрів (цукровий буряк), що обмежує їх використання в технології продуктів харчування через специфічний смак та запах. Із гарбузових високим вмістом пектинових речовин характеризуються гарбузи (13,5...14,4 %), ступінь етерифікації пектинових речовин гарбузів становить близько 53...58 % [6].

У нашій країні гарбузи займають понад 30 % посівів баштанових культур, але у харчуванні людини використовується лише мала частина врожаїв. Основна причина цього — відсутність налагодженої матеріально-технічної бази для зберігання та перероблення плодів гарбуза.

Узагальнені дані хімічного складу районованих у Лісостеповій зоні України сортів гарбуза доводять, що в технології комбінованих фаршевих мас як рослинну складову доцільно використовувати гарбуз сорту Гілея [6]. Даний сорт перевершує інші сорти гарбуза за вмістом пектину за майже однакового вмісту інших компонентів. Використання гарбуза сорту Гілея зумовлено також економічною доцільністю, внаслідок доступності та простоти отримання означеної сировини.

Встановлено, що овочеву сировину в технології комбінованих фаршевих мас доцільно використовувати у вигляді пюре [8, 9]. Відомі способи отримання морквяного та гарбузового пюре, особливість отримання яких полягає в проведенні процесу гідролітичного розщеплення протопектину рослинної тканини. У процесі гідролізу збільшується кількість низькоетерифікованого пектину майже утричі. Крім того, овочеві пюре мають підвищену кількість клітковини та  $\beta$ -каротину [9]. Однак вищевказані методи одержання овочевих пюре потребують коригування відповідно до обраних предметів дослідження. Тому розроблення способу одержання пюре з гарбуза, який забезпечує максимальний перехід пектину в активний стан, є актуальним завданням.

**Мета статті** — наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження технологічних параметрів оброблення гарбуза для забезпечення реалізації його цільових власти-

востей як структуроутворювача в технології комбінованих фаршевих мас, зокрема молочного-гарбузового фаршу (МГФ).

Відповідно до цієї мети та вибраних напрямів досліджень у процесі роботи необхідно було вирішити такі завдання:

- встановити вплив температури і тривалості теплового оброблення гарбуза сорту Гілея на вміст розчинного пектину;
- науково обґрунтувати метод гідролізу протопектину в розчинний пектин (РП);
- розробити технологічну схему одержання пюре з гарбуза із заданими функціонально-технологічними властивостями.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для наукового обґрунтування технологічних параметрів та режимів одержання пюре з гарбуза сорту Гілея, з метою його подальшого використання в технології МГФ було виконано серію експериментальних досліджень. Як параметри регулювання процесу одержання пюре з гарбуза обрано значення таких показників, як температура та тривалість ТО гарбуза, температура подрібнення гарбуза, температура і тривалість ТО пюре, рН середовища.

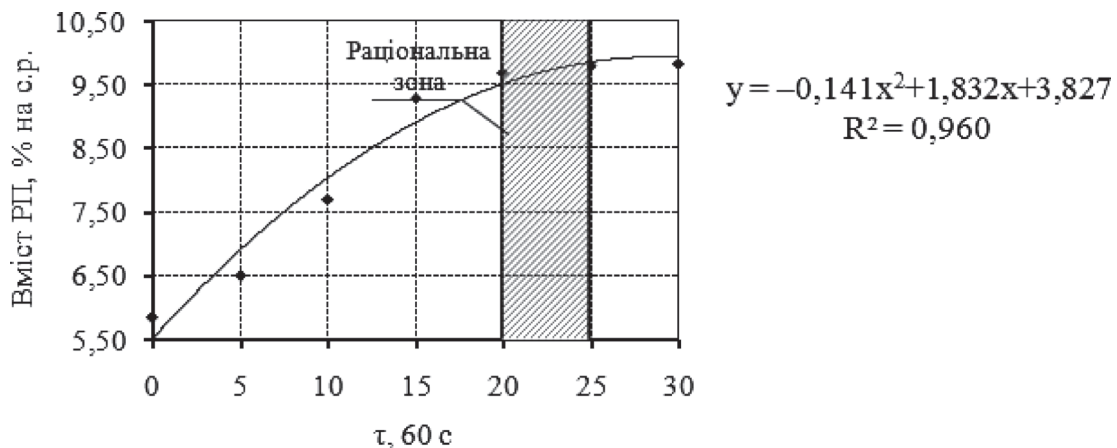
Будь-який вид оброблення рослинної сировини викликає протікання різних ферментативних і неферментативних реакцій, що призводять до зміни структури, харчової та біологічної цінності, органолептичних показників сировини [9]. До основних змін належать розпад аскорбінової, лимонної та інших органічних кислот. Тому для запобігання значному руйнуванню вітаміну С та інших біологічно активних речовин ще на початку технологічного процесу необхідно проводити інактивацію оксидаз шляхом бланшування або сульфитації [8].

Проведення сульфитації рослинної сировини вважаємо недоцільним, оскільки за цих умов спостерігається руйнування вітаміну В<sub>1</sub> та знебарвлення рослинної сировини, що відбувається внаслідок взаємодії сірчистої кислоти з фарбувальними речовинами.

До зменшення втрат вітаміну С, порівняно з традиційними способами теплового оброблення, приводить бланшування [8]. У зв'язку з цим, інактивацію оксидаз у складі гарбуза доцільно проводити шляхом його ТО парою за температури 108...112 °С.

Обґрунтування технологічних параметрів і режимів одержання пюре з гарбуза проводили так. На першому етапі визначали вплив тривалості ТО гарбуза на вміст РП, на другому етапі — вплив температури подрібнення гарбуза на вміст РП, на третьому етапі — вплив температури та тривалості ТО пюре з гарбуза на вміст РП, на четвертому етапі — вплив рН середовища на вміст РП у пюре з гарбуза.

Досліджували вплив тривалості ТО парою без застосування додаткових інтенсифікуючих чинників на вміст РП. Гарбуз сорту Гілея інспектували, промивали, очищували, подрібнювали кубиками з розміром ребра  $l = (0,8...1) \cdot 10^{-2}$  м та здійснювали ТО парою за температури 108...112 °С [8]. Результати дослідження впливу тривалості ТО гарбуза на вміст у ньому РП подано на рис. 1.



**Рисунок 1** — Вплив тривалості теплового оброблення гарбуза парою на вміст розчинного пектину

Результати дослідження впливу тривалості ТО гарбуза парою на вміст у ньому РП (рис. 1) свідчать, що максимальна кількість РП спостерігається через (20...25)·60 с. Вміст РП за таких умов ТО становить 9,83 % на с. р. проти 5,83 % на с. р. у свіжому гарбузі. Ймовірно, що за цих умов для підвищення темпів накопичення РП необхідні додаткові чинники інтенсифікації.

На вміст РП впливає також температура подрібнення овочів [9]. Відомо, що для отримання пюреподібних продуктів передбачається подрібнення овочів після бланшування на машині для тонкого подрібнення відварених овочів до розмірів  $(2...8) \cdot 10^{-3}$  м з подальшою їх гомогенізацією до розмірів  $(5...7) \cdot 10^{-4}$  м та менше [9]. Результати досліджень впливу температури подрібнення гарбуза на вміст у ньому РП наведено на рис. 2.

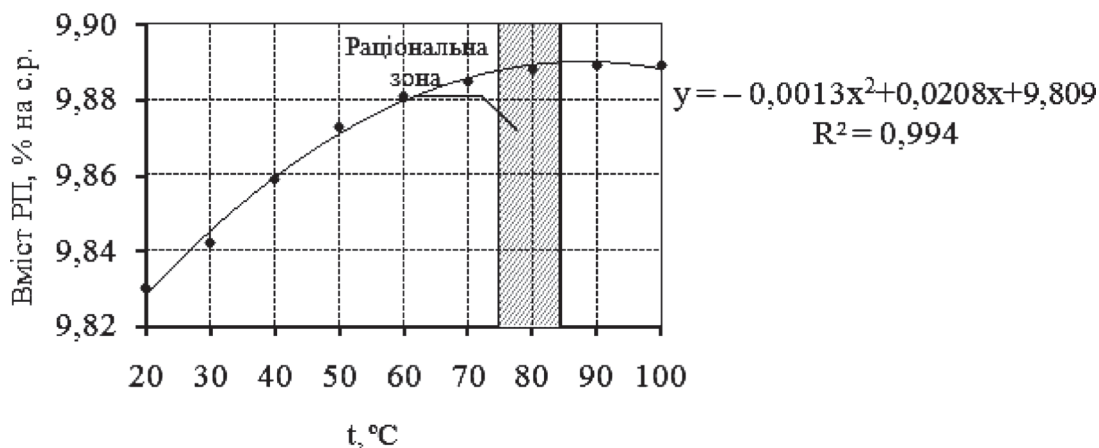


Рисунок 2 — Вплив температури подрібнення гарбуза на вміст у ньому розчинного пектину

Вміст РП набуває максимальних значень за температури подрібнення гарбуза 75...85 °C (рис. 2). Саме за цієї температури відбувається руйнування зв'язків між пектиновими речовинами та іншими речовинами клітинних стінок, а в разі застосування більш низьких температур відбувається лише мацерація тканин.

Інтенсифікувати темп накопичення пектинів можна також шляхом вторинного термооброблення подрібнених овочів. Відомо, що температурний режим понад 80 °C призводить до деструкції біологічно-активних речовин пюре та негативно впливає на їх харчову цінність, а за температури нижче 70 °C не повною мірою проходить коагуляція білків та руйнування полімерів клітинної стінки, що обмежує проникнення гідролітичного чинника [9]. Тому, визначали вплив тривалості нагрівання пюре з гарбуза на вміст розчинного пектину за температури 70...80 °C. Результати дослідження наведено на рис. 3.

Визначено (рис. 3), що повторне ТО пюре з гарбуза призводить до незначного підвищення вмісту РП у них. Однак тривалість ТО пюре з гарбуза понад 7·60 с супроводжується

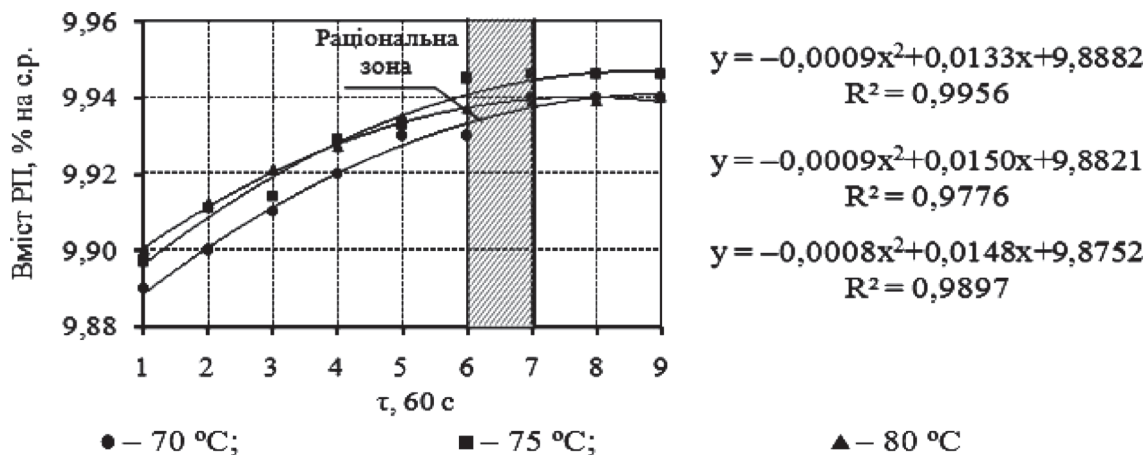


Рисунок 3 — Вплив температури та тривалості теплового оброблення пюре з гарбуза на вміст розчинного пектину

значним зниженням вологовмісту пюре. Отже, раціональною тривалістю ТО, яка забезпечує максимальне зростання вмісту РП в пюре з гарбуза за одночасного збереження його якісних показників, є  $(6...7) \cdot 60$  с.

На підставі проведеного аналізу способів виробництва пюре та паст з овочів [9] встановлено, що гідроліз протопектину найбільш інтенсивно відбувається в кислому середовищі. Тому регулювання рН в обраній зоні здійснювали введенням лимонної кислоти.

Отримані результати дослідження впливу рН середовища на вміст розчинного пектину в пюре з гарбуза наведено на рис. 4.

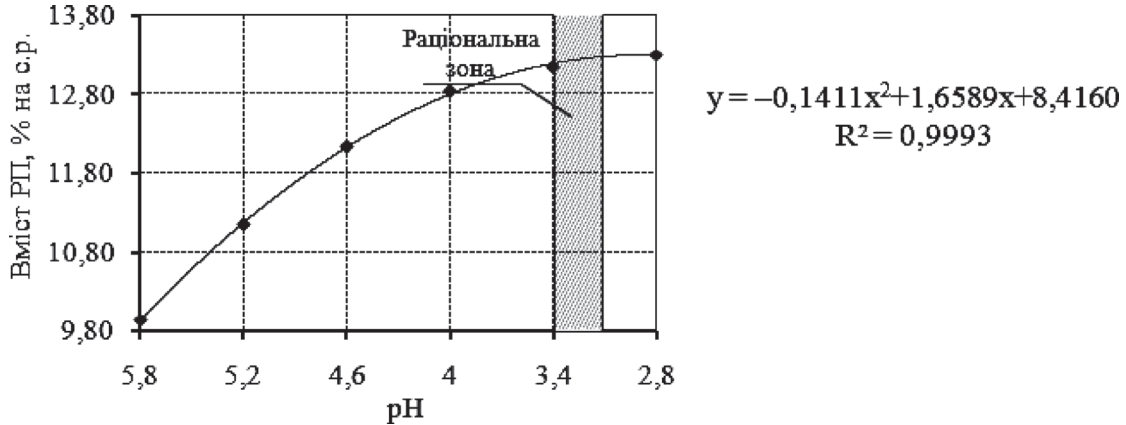


Рисунок 4 — Вплив рН середовища на вміст розчинного пектину в пюре з гарбуза

Із рис. 4 видно, що зміна рН значно впливає на вміст РП в пюре з гарбуза. Результати дослідження довели, що максимальна кількість РП в пюре накопичується при значеннях рН 3,0...3,4.

Визначено (рис. 4), що раціональним значенням рН для переведення протопектину у РП та збереження якісних показників пюре з гарбуза є 3,0...3,4. Вміст РП за таких умов становить 13,13...13,21 % на с. р. Встановлено, що подальше зниження рН майже не призводить до змін вмісту РП і підвищення кислотності пюре, що погіршує його якість.

Таким чином, встановлено такі технологічні параметри одержання пюре з гарбуза: температура ТО гарбуза — 108...112 °С, тривалість ТО —  $(20...25) \cdot 60$  с, температура подрібнення гарбуза — 75...80 °С, температура ТО пюре —  $75 \pm 5$  °С, тривалість ТО —  $(6...7) \cdot 60$  с та рН середовища — 3,0...3,4. Технологічну схему одержання пюре з гарбуза подано на рис. 5.



Рисунок 5 — Технологічна схема одержання пюре з гарбуза



Органолептичну оцінку пюре з гарбуза визначено за п'ятибальною системою. Було декомпозовано кожний з органолептичних показників якості та визначено коефіцієнти їх вагомості: для зовнішнього вигляду — 0,20, для кольору — 0,1, для консистенції — 0,4, для запаху — 0,1, для смаку — 0,2. Оцінку визначала дегустаційна комісія, до складу якої входили фахівці, що мають підвищену сенсорну чутливість. Як контроль обрано пюре з гарбуза, отриманого за технологією, що також передбачає проведення процесу гідролітичного розщеплення протопектину рослинної тканини [9]. Результати органолептичного оцінювання пюре з гарбуза наведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Органолептична оцінка пюре з гарбуза

Найменування показників	Коефіцієнт вагомості	Пюре з гарбуза (контроль)	Пюре з гарбуза, отримане за запропонованим способом
Зовнішній вигляд	0,2	4,9	4,9
Колір	0,1	4,9	5,0
Консистенція	0,4	5,0	5,0
Смак	0,2	4,9	5,0
Запах	0,1	4,9	4,9
Середня оцінка		4,94	4,97

Отримане за запропонованим способом пюре з гарбуза — це однорідна маса, без вмісту грудочок та розшарування, яка має консистенцію, що маститься та не розшаровується при зберіганні і подальшому використанні. Колір, смак та запах отриманого пюре властиві гарбузу.

Таким чином, за органолептичними показниками (табл. 1) пюре з гарбуза, отримане за запропонованим способом, не поступається контрольному зразку, а за натуральністю та насиченістю кольору, смаку і однорідністю структури перевищує його. Накопичення РП в пюре з гарбуза, отриманого за запропонованим способом, сприяє підвищенню його в'язкості та зумовлює доцільність його використання в технології комбінованих фаршевих мас, зокрема молочно-гарбузового фаршу.

**Висновки.** Обґрунтовано технологічні параметри оброблення гарбуза сорту Гілея для забезпечення реалізації його цільових властивостей як структуроутворювача в технології молочно-гарбузового фаршу: температура ТО гарбуза —  $110 \pm 2$  °С, тривалість ТО гарбуза —  $(20...25) \cdot 60$  с. Розроблено технологічну схему одержання пюре з гарбуза: температура подрібнення гарбуза —  $80 \pm 5$  °С, температура ТО пюре —  $75 \pm 5$  °С, тривалість ТО —  $(6...7) \cdot 60$  с та рН середовища — 3,0...3,4.

#### Список літератури / References

1. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України: статистичний збірник / відпов. за випуск О. М. Прокопенко. Київ : Державна служба статистики України, 2016. 54 с.

Prokopenko, O. M. (2016). *Balansy ta spozhyvannia osnovnykh produktiv kharchuvannia naseleнням Ukrainy* [Balance sheets and consumption of basic foodstuffs by the population of Ukraine]. Kyiv, Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy Publ., 54 p.

2. Нурсейтова З. Т. Разработка технологии комбинированных мягких сыров из коровьего и козьего молока с ферментированными овощами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.04. Республика Казахстан. Семей, 2010. 23 с.

Nurseitova, Z. T. (2010). *Razrabotka tekhnolohii kombinirovannykh miahkikh syrov iz koroveho i kozheho moloka s fermentirovannymi ovoshhami* [Development of technology of combined soft cheeses from cow and goat milk with fermented vegetables] (Abstract of PhD in Engineering sciences thesis). Respublika Kazakhstan, Semei, 23 p.

3. Романова В. В. Проектирование гелеобразных продуктов с использованием молочной сыворотки и растительного сырья : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2005. 18 с.

Romanova, V. V. (2005). *Proektirovaniie heleobraznykh produktov s ispolzovaniem molochnoi syvorotki i rastitel'nogo syria* [Design of gel-like products using whey and vegetable raw materials] (Abstract of PhD in Engineering sciences thesis). Kemerovo, 18 p.

4. Annenkova, N. B. (2006). Quality change of combined extrusion products during storage. *Global safety of commodity and environment. Quality of life. The 15th Symposium of IGWT*. Kyiv : Knyga, pp. 806–811.

5. Erdem Y. K., Ulusoy A. (2004). Manufacturing of white pickled cheese from the full concentrated whole milk's retentate. *IFD Symposium on cheese: Ripening, Characterization and Technology*, pp. 130.

6. Юдіна Т. І., Назаренко І. А. Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих фаршів. *Обладнання та технології харчових виробництв* : темат. зб. наук. пр. 2012. Вип. 29. Том 2. С. 322–328.

Yudina, T. I., Nazarenko, I. A. (2012). *Obgruntuvannia vyboru roslynnoi syrovyny dlia vyrobnytstva kombinovanykh farshiv* [Rationale for the selection of vegetable raw materials for the production of combined minced meat]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food production], vol. 29, no. 2, pp. 322–328.

7. Колтунов В., Булах М. Різноманітність плодів гарбуза. *Товари і ринки*. 2011. № 2. С. 135–143.

Koltunov, V, Bulakh, M. (2011). *Riznoiakisnist plodiv harbuza* [Different quality of pumpkin fruit]. *Tovary i rynky* [Products and markets], no. 2, pp. 135–143.

8. Погарская В. В. и др. Новые технологии функциональных оздоровительных продуктов : монография. Харьков : Харьк. гос. университет питания и торговли, 2007. 262 с.

Poharskaia, V. V. & oth. (2007). *Novye tekhnologii funktsionalnykh ozdorovitelnykh produktov* [New technologies of functional health products]. Kharkiv, Khark. gos. universitet pitaniia i torhovli Publ., 262 p.

9. Спосіб виробництва пектиновмісного овочевого пюре: пат. 73050 Україна: МПК А 23 L 1/06. № у 2012 02160 ; заявл. 24.02.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17.

*Sposib vyrobnytstva pektynovmisnogo ovochevoho piure* [Method of production of pectin mashed vegetables]. Patent of Ukraine № 73050, МПК А 23 L 1/06. Appl. № у 2012 02160. Filed 24.02.12. Bull. no. 17.

**Цель** — обосновать технологические параметры обработки тыквы для обеспечения реализации ее целевых свойств как структурообразователя в технологии молочно-тыквенного фарша.

**Методы.** Содержание пектина и протопектина определяли кальций-пектатным методом. Определение рН проводили с помощью потенциометрического метода, основанного на измерении электродвижущей силы элемента, состоящего из электрода сравнения с известной величиной потенциала и измерительного Н<sup>+</sup> селективного электрода, потенциал которого обусловлен концентрацией ионов водорода в испытуемом объекте. Во время исследований, связанных с определением рН, применялся ионометр универсальный рН-Эв-74, настроенный на рН-метрию. Как индикаторный электрод применяли стеклянный электрод, как электрод сравнения — хлорсеребряный электрод.

**Результаты.** Научно обоснован и экспериментально подтвержден выбор технологических параметров обработки растительного сырья для обеспечения реализации его целевых свойств как структурообразователя в технологии молочно-растительных фаршей. Разработана технологическая схема получения пюре из тыквы.

Получение пюре из тыквы осуществлялось следующим образом. Тыкву сорта Гулея инспектируют, промывают и очищают, измельчают кубиками с размером ребра  $l = (0,8...1) \cdot 10^{-2}$  м и осуществляют тепловую обработку паром при температуре  $t = 108...112^\circ \text{C}$  в течение  $\tau = (20...25) \cdot 60$  с. Измельчение тыквы осуществляют при температуре  $t = 75...85^\circ \text{C}$  до размеров  $d = (5...7) \cdot 10^{-4}$  м. Тепловую обработку пюре осуществляют при температуре  $t = 70...80^\circ \text{C}$  в течение  $\tau = (6...7) \cdot 60$  с при рН среды — 3,0...3,4.

Полученное по предложенному способу пюре из тыквы имеет консистенцию, которая мажется и не расслаивается при хранении и дальнейшем использовании. Накопление раство-

римого пектина, что проявляет свойства стабилизатора структуры и способствует повышению вязкости пюре из тыквы, обуславливает целесообразность его использования в технологии молочно-тыквенного фарша.

**Ключевые слова:** тыква, пектиновые вещества, растворимый пектин, структурообразователь, молочно-тыквенный фарш.

**Objective.** The objective of the article is to substantiate the technological parameters of pumpkin processing to ensure the realization of its target properties as a setting agent in the technology of milk-pumpkin minces.

**Methods.** The content of pectin and protopectin was determined by calcium-pectate method. The pH was determined using a potentiometric method based on the measurement of the electromotive force of an element consisting of a comparison electrode with a known potential value and a measuring H<sup>+</sup> selective electrode, the potential of which is due to the concentration of hydrogen ions in the test object. When performing studies related to the determination of pH, the universal ionometer pH-EV-74, tuned to the pH-metric, was used. As an indicator electrode, a glass electrode was used as a comparison electrode—a chlorisribnium electrode.

**Results.** Scientifically substantiated and experimentally confirmed the choice of technological parameters of processing of vegetable raw materials to ensure the implementation of its target properties as a setting agent in the technology of dairy and vegetable minces. A technological scheme for obtaining pumpkin puree has been developed.

The method of obtaining pumpkin puree is as follows. Pumpkin varieties Gilea inspected, washed and cleaned, crushed into cubes with a rib size  $l = (0,8...1) \cdot 10^{-2} \text{ m}$  and carry out the heat treatment with steam at a temperature of  $t = 108...112^\circ \text{ C}$  current  $\tau = (20...25) \cdot 60 \text{ s}$ . Pumpkin grinding is carried out at a temperature  $t = 75...85^\circ \text{ C}$  to dimensions  $d = (5...7) \cdot 10^{-4} \text{ m}$ . Heat treatment of puree is carried out at a temperature  $t = 70...80^\circ \text{ C}$  for  $\tau = (6...7) \cdot 60 \text{ s}$  at pH — 3.0...3,4.

The puree from the pumpkin received by the proposed method has a consistency that is smeared and does not delaminate during storage and further use. The accumulation of soluble pectin, which exhibits the properties of a stabilizer structure and increases the viscosity of pumpkin puree, determines the feasibility of its use in the technology of milk-pumpkin minces.

**Key words:** pumpkin, pectin substances, soluble pectin, structure-forming agent, milk-pumpkin minces.

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-36-43  
УДК 664.653.122:664.653.124

*Янаков В. П., канд. техн. наук<sup>1</sup>*  
*Возняк А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>*  
*Ланже О., бізнес-аналітик<sup>3</sup>*

- 
- <sup>1</sup> Мелітопольський інститут державного та муніципального управління «Класичного приватного університету», м. Мелітополь, Україна, e-mail: yanakov@i.ua  
<sup>2</sup> Автотранспортний коледж ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: avvoznuyak76@gmail.com  
<sup>3</sup> Leidos Corporation, м. Вашингтон, США, e-mail: elitop@elitopsolutions.com

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕОРІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА ПІД ЧАС ВИКЛАДАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

UDC 664.653.122:664.653.124

*Yanakov V. P., PhD in Engineering science<sup>1</sup>*  
*Vozniak A. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>2</sup>*  
*Lange O., Business Case Analyst<sup>3</sup>*

- 
- <sup>1</sup> Melitopol Institute of Federal And Municipal Administration of the Classical Private University, Melitopol, Ukraine, e-mail: yanakov@i.ua  
<sup>2</sup> Truck college of Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: avvoznuyak76@gmail.com  
<sup>3</sup> Leidos Corporation, Washington D. C., USA, e-mail: elitop@elitopsolutions.com

## IMPROVEMENT OF THE DOUGH PREPARATION THEORY IN TEACHING SPECIAL DISCIPLINES

**Мета** — викладання теорії приготування тіста у навчальному процесі закладів вищої освіти (ЗВО).

**Методи.** У роботі використано метод аналізу, синтезу, системний та порівняльний аналіз.

**Результати.** Науково-технічний прогрес у хлібопекарському, макаронному та кондитерському виробництві і переробки сільськогосподарської продукції спрямований на впровадження нових методів приготування тіста. Метою викладання спеціалізованих дисциплін у ЗВО є підготовка фахівців інженерних спеціальностей. Визначені останні дослідження в напрямку виготовлення високоякісної та конкурентоспроможної продукції харчових та переробних виробництв. Складено алгоритм методики реалізації прикладних та загальнотеоретичних підходів навчання у ЗВО. Наведені методи викладання фундаментальних, прикладних та інженерних наук, а також систем комп'ютерного аналізу, математичного проектування. Розглянуто комплексне викладання прикладних дисциплін харчових та переробних спеціалізацій з теорії приготування тіста. Підвищення її ефективності і технологічної надійності — це інструменти освіти та досліджень. Під час навчання майбутні інженерні фахівці здатні самостійно вирішувати питання проектування та модернізації конструкцій експлуатованого обладнання. Вдосконалено науково-методичний підхід у процесі викладання теорії приготування тіста у навчальному процесі ЗВО. Комплексний аналіз знань хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв визначає рівень підготовки інженерів. Він ґрунтується на можливості володіння інструментами освіти: технологічними схемами виробництва, алгоритмами та таблицями.

---

Надійшла до редакції 05.11.2019 р.

© В. П. Янаков, А. В. Возняк, О. Ланже, 2019

**Ключові слова:** теорія приготування тіста, педагогіка, університет, технологія, заміс тіста, енергетичний вплив.

**Постановка проблеми.** Метою викладання теорії приготування тіста є підготовка фахівців інженерних спеціальностей ЗВО [1, 2]. Під час навчання майбутні інженерні спеціалісти хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв здатні самостійно проєктувати та модернізувати конструкції експлуатованого обладнання. Володіння новими досягненнями науково-технічного прогресу передбачає:

— знання основних проблем науково-технічного розвитку харчових та переробних виробництв;

— володіння основами інженерного розрахунку обладнання, технологічних ліній та комплексів, що експлуатуються;

— вивчення проблем раціонального використання сировинних і енергетичних ресурсів харчових та переробних виробництв;

— освоєння основних показників технічних характеристик технологічних ліній та комплексів обладнання, яке експлуатується, а також їх монтажу і правил експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Становлення ринкових відносин передбачає значне підвищення ефективності хлібопекарного, макаронного та кондитерського виробництва і переробки сільськогосподарської продукції. Воно спрямовано на виготовлення з неї високоякісної та конкурентоспроможної продукції. Науково-технічний прогрес харчових підприємств скерований на впровадження правових та техніко-економічних методів побудови теорії приготування тіста. Підвищення її ефективності і технологічної надійності є інструментами освіти та досліджень. Простежимо їх розвиток.

T. V. Kipieva [3], A. Sadeghi [4] і вчені University of Agriculture Faisalabad, Pakistan [5] проводили дослідження впливу різних видів закваски на тісто. Дослідження були спрямовані на використання закваски в різних пропорціях хлібопекарного тіста. Ними були одержані дані зі створювання оптимальних рН для дії ендоргенних факторів. Їх наявність поліпшує властивості і структуру тіста. Але у дослідженнях не проведено тестування на якість характеристик, які пов'язують запах хліба, наповнення і збільшення об'єму буханки.

A. Latif і T. Masud досліджували технологію приготування хліба з використанням екстрактів із натуральних рослин з метою збільшення терміну зберігання хліба. Дослідження були спрямовані на впровадження рослини *Moringa olifera*, яка володіє багатьма перевагами. Вченими були одержані дані характеристик видів хліба. Не були хімічно проаналізовані на вміст вологості і компонентів. У дослідженнях не відображено роль використання зразків під час збереження, яке збільшилось з 4 до 6 днів, та різної якості кольору скоринки [6].

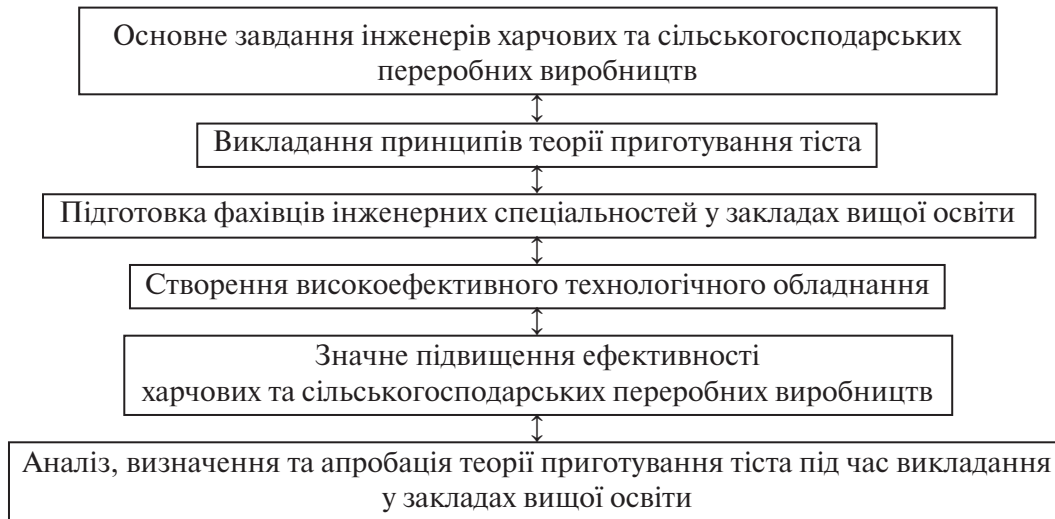
Учені D. Curic, D. Novotni, D. Tusak, I. Bauman, D. Gabric перевіряли вплив екструдованих видів муки на хлібопекарні властивості тіста. Досліджували якісні показники тіста з додаванням пектину і целюлози, які мали підвищену липкість. Було одержано дані щодо бродіння тіста, об'єм котрого значно збільшується. У дослідженнях не вивчались показники видів хліба, випечених з домішками гідроколондів. Введення їх у хліб могло б поліпшити його структуру [7].

J. Filipovic, S. S. Popov, N. Filipovic, вчені з Institute for Food Technology, Novi Sad, Serbia впроваджували нові підходи в приготуванні тіста. Дослідження були спрямовані на рівень приготування тіста — тісто без волокон, надалі — тісто з додаванням інуліну-GR. Ними були одержані дані з найвищих цінностей при вимірюванні формостійкості тіста без волокон та тіста з додаванням інуліну-GR. У дослідженнях не вивчались показники утримування якості тіста в заморожуваному стані в період від 30 до 60 днів та тіста з інуліном-GR [8].

Проведені дослідження характеризують напрями вивчень правових та техніко-економічних методів побудов теорії приготування тіста. В основі збільшення продуктивності харчових та переробних виробництв лежить спроможність результативної практичної реалізації знань освіти ЗВО. Своєю чергою, це призводить до впровадження нових підходів

у теорію приготування тіста, інструментів освіти та підготовки до отримання знань майбутніх інженерних фахівців.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основне завдання майбутніх інженерних фахівців — створення високоефективного технологічного обладнання. Історія перспектив розвитку харчових та сільськогосподарських переробних виробництв тісно пов'язана з такими прикладними дисциплінами, як: «Обладнання харчових виробництв», «Технологія кондитерського виробництва», «Харчові технології» та ін. Одним із напрямів такого методичного підходу є введення даних теоретичних та експериментальних досліджень науки в навчальний процес. Ці питання є головними під час підготовки спеціалістів інженерних спеціальностей та ґрунтуються на алгоритмі, показаному на рис. 1.



**Рисунок 1** — Введення даних теоретичних та експериментальних досліджень науки в навчальний процес

Використання наданого наукового алгоритму під час викладання спеціалізованих дисциплін підсилює значення повноцінної підготовки спеціалістів у сфері харчових виробництв. Отже, цей підхід потребує розширення та взаємної інтеграції внутрішніх наукових та педагогічних зв'язків предметів вищого навчального закладу. У майбутніх професіоналів виникає інтерес до сучасної науки, неперервної самоосвіти та вдосконалення своєї підготовки. Продукція хлібопекарних, макаронних, кондитерських та сільськогосподарських переробних виробництв призначена для реалізації населенню. Один складний агрегат може коштувати менше, ніж декілька більш простих, а це зменшує собівартість виробництва. Такий підхід можна умовно розділити на три частини.

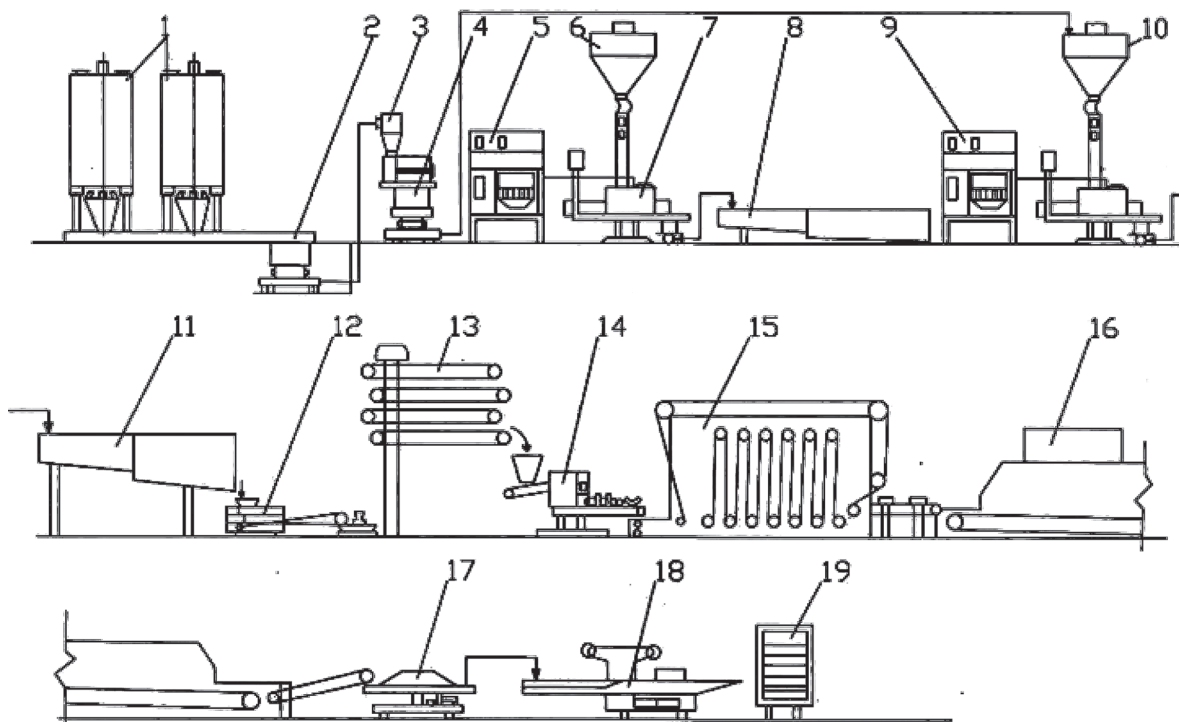
*Підготовка сировини.* Основною сировиною для виробництва є пшеничне і житнє борошно, сіль, дріжджі, а також питна вода. Як додаткову сировину використовують цукор, жири та інші харчові добавки. Основним процесом хлібопекарного виробництва є заміс рецептурної суміші та випікання тіста.

*Приготування напівфабрикатів.* Здійснюється тістомісильними машинами і агрегатами періодичної та неперервної дії. Під час замішування компоненти перемішуються. Суміш піддається механічному обробленню. Формується губчастий каркас тіста. Бродіння тіста відбувається у результаті дії дріжджів та інших бактерій.

*Отримання готового продукту.* Під час випікання в тісті відбуваються мікробіологічні і ферментативні процеси, які змінюють його фізичні властивості. Також накопичуються ароматичні та смакові речовини, які визначають споживчу цінність хліба.

Викладання принципів теорії приготування тіста у навчальному процесі ЗВО належить до професійних спеціалізованих дисциплін, а також охоплює головні напрями удосконалення підготовки майбутніх професіоналів. Їхні знання дають змогу адаптувати максимальну продуктивність технологічних ліній під потреби підприємства. При цьому враховується, що експлуатаційні показники встановлюються через останню ділянку або

обладнання. Отже, воно має бути забезпечено сертифікатом та бути виготовленим із матеріалів, які не піддаються корозії та окисненню. Для створення батона «Ніва» з борошна пшеничного вищого гатунку масою 0,5 кг застосовують стандартизовану технологічну лінію (рис. 2).



**Рисунок 2** — Технологічна схема виробництва батона «Ніва» з борошна пшеничного вищого гатунку масою 0,5 кг:

1 — силоси ХЕ-160А; 2 — живильник М-122; 3 — циклон; 4 — просіювач; 5 — дозувальна станція Ш2-ХДМ; 6 — виробничий бункер; 7 — тістомісильна машина безперервної дії; 8 — корито; 9 — дозувальна станція; 10 — бункер ХЕ-112 і тістомісильна машина безперервної дії А2-ХТТ; 11 — корито для бродіння; 12 — тістоділильник А2-ХТН з тістоокруглювачем Т1-ХТН; 13 — конвеєр попереднього вистоювання; 14 — тісторозкатувальна машина Т1-ХТ2-3-1; 15 — шафа кінцевого вистоювання РШВ; 16 — тунельна піч; 17 — циркуляційний стіл для часткового охолодження; 18 — машина для установалення хліба в термоусадну плівку; 19 — контейнери

Головною особливістю неперервної освіти спеціалістів є формування їх постійної послідовної системи знань, заснованої на самоосвіті. У своєму вихованні вони керуються визначальними підходами: спадкоємність знань, неперервність наукового пошуку, освітній підхід, розвиток технологій тощо. Цей комплексний підхід дає сучасний рівень підготовки фахівців інженерних спеціальностей. При цьому даний науковий підхід застосовується фахівцями при використанні прогресивного обладнання хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв. Також повинні бути враховані чинники комплектації, можливості попередніх ділянок чи машин лінії. Підходи щодо вдосконалення ліній харчових і переробних підприємств наведені в табл. 1.

Отриманий досвід дає змогу застосовувати комплексні методики моделювання виробництва, що дозволяє розмістити технологічну лінію на меншій площі і зменшити витрати на обладнання. Надалі цей науковий підхід забезпечує суттєве підвищення продуктивності виробництва, зменшення негативної дії на перемішуване середовище, зниження витрат рецептурної сировини, енергетичних та матеріальних ресурсів. На вхід технологічної лінії подається сировина, яка має певні властивості, а з лінії, в результаті її функціонування, сходять готова продукція, яка має зовсім інші властивості. Даний методичний підхід реалізації навчання інженерних фахівців хлібопекарних, макаронних, кондитерських та сільськогосподарських переробних виробництв відповідає вимогам сьогодення.

**Таблиця 1** — Типи хлібопекарного, макаронного та кондитерського виробництв і переробки сільськогосподарської продукції

№ 3/п	Найменування виробництва	Характеристика виробництв
1	Немеханізовані	Операції виконуються вручну, контроль і регулювання параметрів технологічних процесів проводяться людиною. Низький рівень механізації і автоматизації призводить до зниження продуктивності праці. Не можливо здійснювати швидку переорієнтацію виробництва.
2	Напівмеханізовані	Більшість операцій виконуються без використання ручної праці. Механізовані операції здійснюють найбільш трудомісткі процеси. Випуск певного виду продукції відповідно до технологічних процесів, який показує послідовність виконання операцій.
3	Механізовані	Виконуються обладнанням, а контроль і регулювання параметрів технологічних процесів проводяться людиною. Здійснюється з метою, що дозволяє в межах асортиментних груп переходити на різні види продукції виробництва.
4	Автоматизовані	Застосовується автоматичний контроль і регулювання технологічних процесів. Реалізуються аналіз, моделювання та коригування виробництва. Метою виробництва під час технологічного процесу є створення багатокomпонентних харчових продуктів. Здійснюється моделювання виробництва.
5	Автоматичні	Комплекс автоматичних пристосувань для контролю, регулювання, управління всіх технологічних операцій, що входять у лінію. Виробництво для масових видів продукції проводиться на спеціалізованих, комплексних, автоматизованих лініях.

Він реалізується через самостійні та лекційні заняття і лабораторні та практичні роботи. Їх навчання на прикладі технологічних ліній переробки різних видів сировини в харчову продукцію дає змогу комплексно вивчити проблематику виробництв. Зміст викладання теорії приготування тіста лежить у мотивації, яка формує посилення інтересу до знань майбутніх професіоналів та знаходиться в цих навчальних предметах. Його подальший розвиток ґрунтується на вивченні устаткування, яке використовується на підприємствах. За своєю суттю він відповідає правилам виробництва, яке включає: технологічні лінії, обладнання та умови експлуатації. Загалом даний навчальний підхід викладання принципів теорії приготування тіста засновано відповідно до структури паспорта спеціальностей фахівців.

Розподілення виробництва на паралельно працюючі ділянки ускладнює її та збільшує загальну вартість, оскільки необхідно встановлювати розподільні та перевантажувальні пристосування. Сучасні підходи до освіти фахівців інженерних спеціальностей потребує неперервності навчання і поліпшення та змін організації в забезпеченні профільних підприємств. Він є продовженням взаємозв'язку сучасної науки: наукові публікації, методичні матеріали, гранти та програми спеціальності.

Прикладні та загальнотеоретичні підходи забезпечуються так:

*Наукові публікації.* Реалізуються за географічним принципом: Україна, країни СНД, Європа, США та інші.

*Методичний матеріал.* Реалізуються через забезпечення структури занять: літературою, навчальними відеофільмами та установками.

*Гранти та програми за спеціальністю.* Реалізуються через участь у відкритих конкурсах за теоретичними та експериментальними дослідженнями.

*Структура паспорта спеціальності.* Реалізуються через побудову програми навчання як по предметах, так і методичних комплексах кафедр та факультетів.



Перспективою використання різних методів викладання у навчальному процесі вищого навчального закладу засобів теорії приготування тіста є завдання, яке передбачає постійну послідовність отримання знань. Воно забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням методів викладання спеціалізованих дисциплін. Надалі основи сучасних досягнень науки і техніки стають формою мислення інженерів. Уміння застосовувати їх на практиці приводить до підвищення рівня механізації і автоматизації виробництва, збільшення продуктивності праці. Подальше вдосконалення викладання комплексного аналізу навчання знань визначає рівень підготовки інженерів. Під час навчання фахівці хлібопекарних, макаронних, кондитерських та сільськогосподарських переробних виробництв здатні самостійно проектувати та модернізувати експлуатоване обладнання.

Обладнання даних підприємств забезпечує виконання та переробку будь-якої кількості продукції за певний проміжок часу. Цей освітній підхід дозволяє здійснювати політику мінімізації витрат виробництва. Викладання теорії приготування тіста в навчальному процесі дає взаємозв'язок теоретичної та практичної підготовки випускників.

**Висновки.** Проведені дослідження інтегрування викладання спеціалізованих дисциплін у ЗВО з підготовки фахівців інженерних спеціальностей. У результаті отримані такі висновки:

- встановлено напрями підготовки фахівців інженерних спеціальностей на основі нових досягнень науково-технічного прогресу;
- розглянуто структуру новітніх досліджень технологічних ліній виробництв;
- сформульовано напрями вдосконалення обладнання, що експлуатується;
- обґрунтовано взаємозв'язок прикладних дисциплін під час підготовки фахівців інженерних спеціальностей;
- проведено аналіз перспектив методів викладання теорії приготування тіста у навчальному процесі ЗВО;
- встановлено взаємозв'язок теоретичних та експериментальних досліджень у лекційному, лабораторному та практичному матеріалі освітніх дисциплін.

#### Список літератури / References

1. Янаков В. П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Дон. нац. ун-т економіки і торгівлі. Донецьк, 2011. 20 с.

Yanakov, V. P. (2011). *Obgruntuvannya parametriv ta rezhimiv roboti tistomisilnoyi mashini periodichnoyi diyi* [Rationale of parameters and operating modes of the kneading machine periodic action] (Abstract of PhD in Engineering sciences thesis). Donetsk, 20 p.

2. Янаков В. П., Возняк А. В. Аналіз комплексних досліджень технологій замісу хлібопекарського тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2019, № 1 (38), pp. 85–94.

Yanakov, V. P., Vozniak, A. V. (2019). *Analiz kompleksnykh doslidzhen tekhnologii zamisu khlibopekarskoho tista* [Dough baking technologies complex research analysis]. *Obladnannya ta tehnologiyi harchovih virobnitstv* [Food production equipment and technologies], no. 1 (38), pp. 85–94.

3. Кірієва Т. В. Наукові основи інтенсифікації виробництва і підвищення якості киргизьких національних борошняних виробів : автореф. дис. 05.18.16. д-ра техн. наук, Харків, 40 с.

Kiriyeva, T. V. (2002). *Naukovu osnovi intensifikatsiyi virobnitstva i pidvischennya yakosti kirgizkih natsionalnih boroshnyanih virobiv* [Scientific bases of intensifying the production and improving the quality of Kirghiz national mealy products] (Abstract of Grand PhD in Engineering sciences thesis). Kharkiv, 40 p.

4. Садеги А. Секрети закваски: обзор чудесных потенциалів закваски у строк зберігання хліба. *Біотехнологія*. 2008. № 7 (3). С. 413–417.

Sadeghi, A. (2008). *Sekrety zakvasky: obzor chudesnykh potentsyaliv zakvasky u srok zberihannia khliba* [The secrets of sourdough: a review of miraculous potentials of sourdough in bread shelf life]. *Biotehnologiya* [Biotechnology], no. 7 (3), pp. 413–417.

5. Nawaz H., Hussain S., Ahmad M. M., Murtaza M. A., Mian S. A. Effect of sourdough bacteria on the quality and shelf life of bread. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2007. № 6 (6), pp. 562–565.
6. Latif T., Masud A. (2006). Use of natural preservative in bread making. *American Journal of Food Technology*. № 1 (1), pp. 34–42.
7. Kirik D., Novotni D., Tusak D., Bauman I., Gabric D. Gluten-free bread production by the corn meal and soybean flour extruded blend usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2007. No. 72. pp. 227–232.
8. Filipovic J., Popov S., Filipovic N. The behavior of different fibers at bread dough freezing. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 2008. № 14 (4). pp. 257–259.

**Цель** — изложение теории приготовления теста в учебном процессе учреждений высшего образования.

**Методы.** В статье использованы метод анализа, синтеза, системный и сравнительный анализ.

**Результаты.** Научно-технический прогресс в хлебопекарном, макаронном и кондитерском производстве и переработке сельскохозяйственной продукции направлен на внедрение новых методов приготовления теста. Целью преподавания специализированных дисциплин в высшем учебном заведении является подготовка специалистов инженерных специальностей. Определены последние исследования в направлении приготовления высококачественной и конкурентоспособной продукции хлебопекарных, макаронных, кондитерских и перерабатывающих производств. Составлен алгоритм методики реализации прикладных и общетехнических подходов обучения в учреждениях высшего образования. Рассмотрены методы преподавания фундаментальных, прикладных и инженерных наук, а также систем компьютерного анализа, математического проектирования. Приведены методы преподавания фундаментальных, прикладных и инженерных наук, а также систем компьютерного анализа, математического проектирования. Представлено комплексное изложение прикладных дисциплин пищевых и перерабатывающих специализаций в теории приготовления теста. Повышение её эффективности и технологической надёжности — инструменты науки и исследований. Во время обучения будущие инженерные специалисты способны самостоятельно проектировать и модернизировать конструкцию эксплуатируемого оборудования. Усовершенствован научно-методический подход при изложении теории приготовления теста в учебном процессе учреждений высшего образования. Комплексный анализ знаний хлебопекарных, макаронных, кондитерских и перерабатывающих производств определяет уровень подготовки инженеров. Он опирается на возможность владения инструментами образования: технологическими схемами производства, алгоритмами и таблицами.

**Ключевые слова:** теория приготовления теста, педагогика, университет, технология, замес теста, энергетическое воздействие.

**Objective.** Organization of experimental and theoretical researches at enterprises depends on constant improvement of instructors' training level. Therefore, the objective of the article is identifying ways to improve teaching the subject at the university level.

**Methods.** The method of analysis, synthesis, system analysis and comparative analysis are used in the research

**Results.** Scientific and technological progress in bakery, pasta and confectionery production and processing of agricultural products is aimed at introducing new methods of preparation of dough. The purpose of teaching specialized subjects in higher education is to train engineering specialists. The latest research in the direction of high-quality and competitive products of bakery, pasta, confectionery and processing industries has been determined. An algorithm of implementation methods, applied and generally theoretical approaches of learning at the University has been compiled. The methods of teaching fundamental, applied and engineering sciences, as well as computer analysis systems and mathematical design are presented. The methods of teaching fundamental, applied and engineering sciences, as well as computer analysis systems and mathematical design are presented. Comprehensive presentation of applied disciplines of food and processing specializations in the theory of dough-to-melt

have been presented. The tools of science and research are to improve its efficiency and technological reliability. As a result of the training, future engineering specialists are able to independently solve the design and modernization of the design of the operating equipment. Scientific-methodical approach at the teaching of dough preparation theory in the educational process of university was improved. Comprehensive analysis of knowledge of bakery, pasta, confectionery and processing industries determines the level of training engineers. It is based on the ability to possess educational tools: technological schemes of production, algorithms and tables.

**Key words:** dough mixing theory, pedagogy, university, technology, kneading of dough, energy impact.

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-43-48

УДК 621.325.5

*Цвіркун Л. О., канд. пед. наук<sup>1</sup>*

*Цвіркун С. Л., канд. техн. наук<sup>2</sup>*

*Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

<sup>2</sup> Криворізький коледж Національного авіаційного університету, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: tserg30@ukr.net.

#### **СТРУКТУРНА СХЕМА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК**

UDC 621.325.5

*Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences<sup>1</sup>*

*Tsvirkun S. L., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>*

*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,  
Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua

<sup>2</sup> Kryvyi Rih College of National Aviation University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: tserg30@ukr.net

#### **BLOCK DIAGRAM OF AN ADAPTIVE ENERGY-EFFICIENT MANAGEMENT SYSTEM IN TERMS OF APPLE SORTING PROCESS**

**Мета** — розроблення загальної структури адаптивної системи енергоефективного керування процесом сортування яблук на конвеєрній лінії.

**Методи.** У роботі застосовано метод автоматичного супроводу об'єктів у потоці на конвеєрній лінії, інваріантного до переміщення, повороту і геометричних перетворень відслідкованих об'єктів.

**Результати.** Розглянуто схему реалізації системи автоматизованого управління процесом сортування яблук, у якій одне із чільних місць посідає блок управління та блок синхронізації, які доцільно реалізовувати програмно з використанням засобів SCADA. Запропонована система здійснює актуалізацію інформації процесу сортування за результатами опитування датчиків з певною дискретністю і внесенням поточних відомостей до бази даних технологічного процесу. Описано структурно-функціональну схему системи стеження за рухом яблук на конвеєрній лінії, яка базується на відеоспостереженні та містить відеокамеру, блок оброблення відеоінформації, пристрій зберігання і пристрій відображення відеоінформації. Зазначено, що блок оброблення відеоінформації складається з двох підсистем: підсистеми ідентифікації яблук та підсистеми автоматичного супроводу рухомих об'єктів. Підсистема автоматичної ідентифікації яблук передбачає попереднє оброблення

кадрів, виділення пікселів супроводжуваних об'єктів. Результатами цього етапу є попереднє оброблення зображення з відеодатчика, підвищення якості вихідного зображення; при цьому критерій якості зображення вибирається відповідно до призначення системи (покращення зорових характеристик зображення, виявлення деяких особливостей зображення). Підсистема автоматичного супроводу передбачає відстеження відеопотоку, попереднє оброблення відеокадрів, виділення рухомих яблук. Результатами цього етапу є отримання характеристик руху (траєкторія руху, координати яблук, кут неузгодженості між яблуками і оптичною областю відеодатчика). Було встановлено, що точність і швидкодія системи забезпечуються автоматичними операціями: ідентифікацією, локалізацією, супроводом яблук, а також визначенням моменту появи рухомого об'єкта в області сортування та видачі сигналу на виконавчий механізм для відділення певного яблука із загального потоку, що дало змогу отримати в поточний момент часу безліч яблук, відібраних за заданим критерієм з відомими координатами положення на конвеєрній лінії.

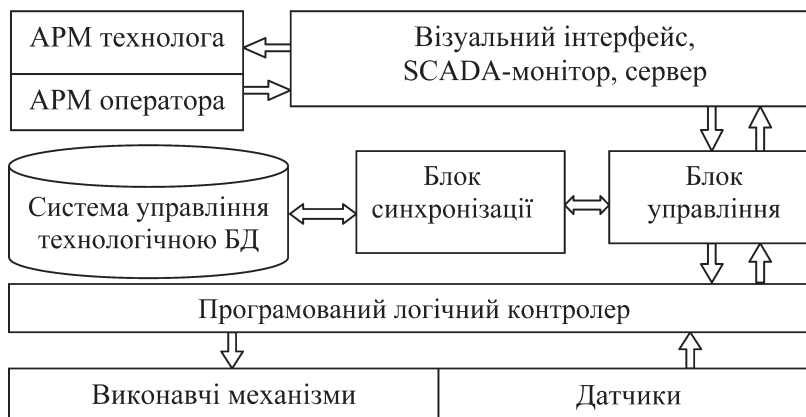
**Ключові слова:** відеосигнал, конвеєрна лінія, процес сортування яблук, автоматизоване управління, система супроводу яблук, засоби SCADA.

**Постановка проблеми.** Виходячи із запропонованих рішень з автоматизації процесу управління сортуванням яблук з урахуванням їх технологічних характеристик, постає проблема розроблення схеми реалізації системи автоматизованого управління, у якій основним елементом є апаратно-програмне ядро. Візуалізація динаміки технологічного процесу, введення і моніторинг бажаних значень керованих параметрів, формування звітної документації про хід технологічного процесу за допомогою візуального інтерфейсу, SCADA монітора, серверної частини є актуальною проблемою сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найбільш поширеним способом реалізації подібних систем є архітектура «клієнт–сервер», що дозволяє виключити дублювання програмного коду серверної частини в клієнтських програмах і знизити, внаслідок виконання обчислень на сервері, вимоги до комп'ютерів клієнтів. Клієнтами в даному випадку можуть виступати автоматизовані робочі місця фахівців, а саме: технолога, оператора сортувальної установки [1]. При виборі обладнання для серверної частини доцільно використовувати сучасні розробки з підвищеними вимогами до захищеності від шкідливих впливів і надійності зберігання інформації, наприклад, рівнів IP54, IP64. Обмін інформацією між розподіленими елементами даної системи доцільно здійснювати за допомогою промислових мереж Modbus (Plus), Unitelway, CAN, Fipio, Fipway, Interbus, Profibus, Ethway [2, 3, 4,5,].

**Мета статті** — розробити загальну структуру адаптивної системи енергоефективного керування процесом сортування яблук.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Схему реалізації системи автоматизованого управління процесом сортування яблук показано на рис. 1.



**Рисунок 1** — Узагальнена структурна схема реалізації АСУ процесом сортуванням яблук

Блок управління призначений для оперативного формування уставок для локальної системи автоматизованого управління процесом сортування яблук. Реалізацію елементів блоку управління доцільно здійснювати програмно з використанням спеціалізованих програмних засобів аналізу відеозображень.

Блок синхронізації, який потрібно реалізовувати програмно з використанням засобів SCADA, здійснює актуалізацію інформації про хід процесу сортування за результатами опитування датчиків з певною дискретністю і внесення поточних відомостей до бази даних технологічного процесу. Призначенням системи управління технологічної бази даних є накопичення, резервування та зберігання інформації про динаміку параметрів технологічного процесу. Для реалізації в результаті аналізу альтернативних варіантів (Oracle, Firebird, Interbase, Sybase Adaptive Server Enterprise, MySQL) було обрано промислову систему управління базами даних (СКБД) MS SQL Server [6, 7]. Для безпосереднього контролю та управління процесом сортування використовуються програмований логічний контролер, датчики і виконавчі механізми.

Структурно-функціональну схему системи стеження за рухом яблук на конвеєрній стрічці показано на рис. 2. Структура автоматизованої системи супроводження яблук у потоці на конвеєрній стрічці заснована на відеоспостереженні та містить відеокамеру, блок оброблення відеоінформації, пристрій зберігання і пристрій відображення відеоінформації [8, 9]. Блок оброблення відеоінформації такої системи складається з двох підсистем: ідентифікації яблук та автосупроводу рухомих об'єктів.

Підсистема автоматичної ідентифікації яблук (рис. 2) передбачає попереднє оброблення кадрів, виділення пікселів супроводжуваних об'єктів тощо. Основним завданням окресленого етапу попереднього оброблення зображення з відеодатчиків є підвищення якості вихідного зображення. Критерій якості зображення вибирається відповідно до призначення системи і подальших етапів оброблення (наприклад, для покращення зорових характеристик зображення, виявлення особливостей зображення).

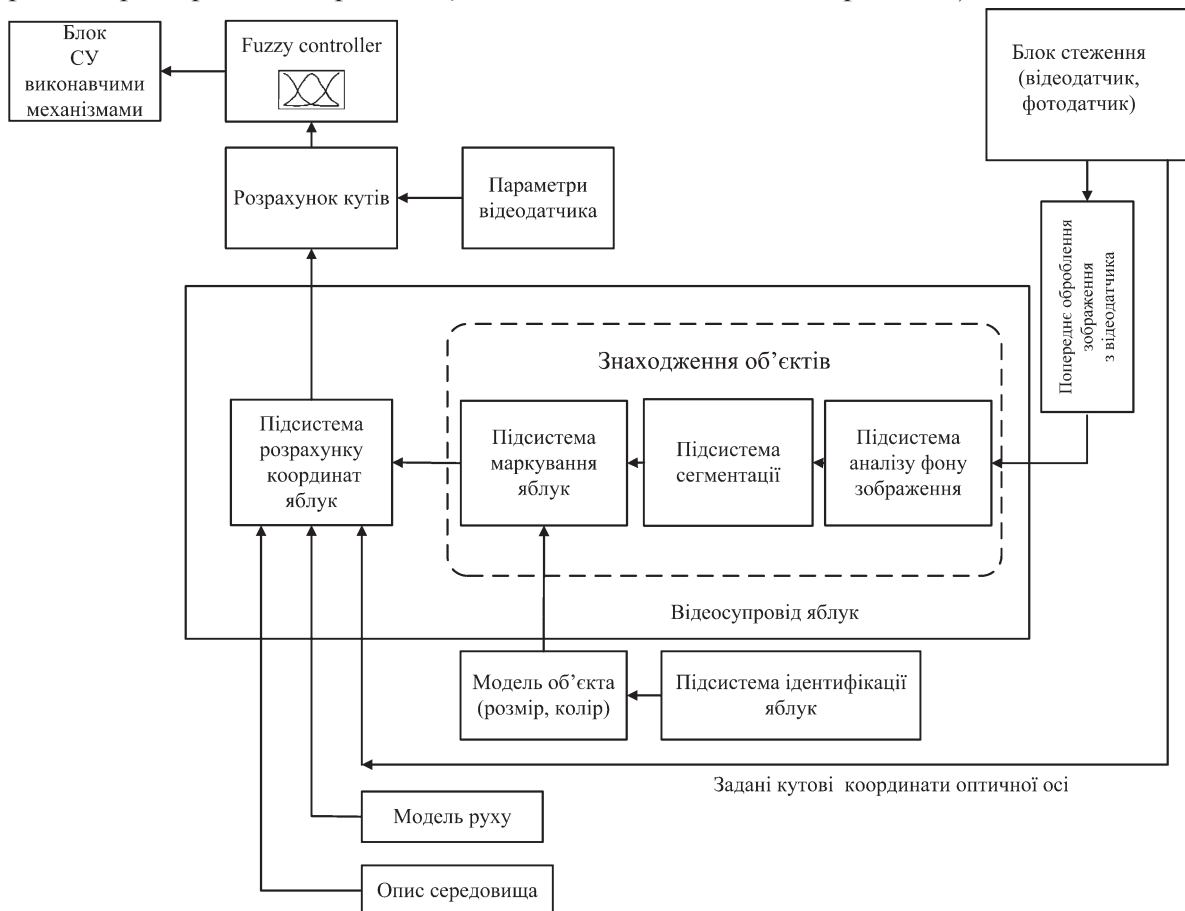


Рисунок 1 — Структурно-функціональна схема системи супроводу яблук

Підсистема автоматичного супроводу передбачає відстеження відеопотоку, попердне оброблення відеокадрів, виділення рухомих яблук тощо. Використання відеодатчиків є зручним, відносно недорогим способом для відстеження і більш раціональним рішенням поставленого завдання. До завдань підсистеми супроводу об'єктів можна віднести: локалізацію яблук — із множини пікселів переднього плану виділяється безліч об'єктів; супровід яблук — міжкадрове зв'язування (простежування від кадру до кадру); сегментований рух яблук шляхом передбачення положення об'єктів на поточному кадрі за відомим положенням на попередньому кадрі.

Результатами цього етапу є отримання характеристик руху (траєкторія руху, координати яблук, кут неузгодженості між яблуками і оптичною областю відеодатчиків).

Точність і швидкодія системи забезпечується автоматичними операціями: ідентифікацією, локалізацією, супроводом яблук, а також визначенням моменту появи рухомого об'єкта в області сортування та видачі сигналу на виконавчий механізм для відділення певного яблука із загального потоку. У результаті роботи алгоритму відеоспостереження отримуємо в поточний момент часу безліч яблук на конвеєрній стрічці відібраних за заданим критерієм з відомими координатами положення на стрічці.

**Висновки.** Отже, для удосконалення процесу сортування яблук на конвеєрній лінії було розроблено структурно-функціональну схему системи супроводу об'єктів. Система за заданим алгоритмом обробляє сигнали зі встановлених датчиків, а контролер на основі нечіткої логіки здійснює вплив на виконавчий механізм для відбору яблук певного технологічного різновиду з конвеєрної лінії.

#### Список літератури / References

1. Мартиненко І. І., Головинський Б. Л., Лисенко В. П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. К. : Урожай, 2001. 224 с.  
Martinenko, I., Golovinsky, B., Lysenko, V. (2001). *Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh protsesiv silskohospodarskoho vyrobnytstva*. [Automation of technological processes in agricultural production]. Kyiv, Urozhai Publ., 224 p.
2. Parker, J., James, R. (2001). *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*. Indiana: Wiley Publishing, 2001. 480 p.
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. К. : Техносфера, 2006. 616 с.  
Honsales, R., Vuds, R., Eddins, S. (2006). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB* [Digital image processing in MATLAB]. Kyiv, Technosphere Publ., 616 p.
4. Поспелова Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. М. : Наука, 1986. 312 с.  
Pospelova, D. A. (1998). *Nechetkiye mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta* [Fuzzy sets in management models and artificial intelligence]. Moscow, Science Publ., 312 p.
5. Журавель И. М. Краткий курс теории обработки изображений. URL : <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>.
6. Zhuravel', I. M. (2015). *Kratkiy kurs teorii obrabotki izobrazheniy, available at* [A short course in image processing theory]. Retrieved from <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>.
7. Грузман И. С., Киричук В. С., Косых В. П. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.  
Gruzman, I., Kirichuk, V., Kosykh, V. (2002). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v informatsionnykh sistemakh* [Digital image processing in information systems]. Novosibirsk, NSTU Publ., 352 p.
8. Прэрт У. Цифровая обработка изображений. М. : Мир, 2002. 312 с.  
Prett, U. (2002). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital image processing]. Moscow, Peace Publ., 312 p.
9. Медведев А. Промышленные видеокamеры для систем машинного зрения. *Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii*. 2013. №4. С. 26–60.  
Medvedev, A. (2013). *Promyshlennyye videokamery dlya sistem mashinnogo zreniya* [Industrial video cameras for machine vision systems]. *Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii* [Modern automation technology], no. 4, pp. 26–60.

9. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М. : Радиотехника, 2008. 176 с.

Alpatov, B., Babayan, P., Balashov, O. (2008). *Metody avtomaticheskogo obnaruzheniya i soprovozhdeniya obyektov. Obrabotka izobrazheniy i upravleniye* [Methods for automatic detection and tracking of objects. Image Processing and Management]. Moscow, Radio engineering Publ., 176 p.

**Цель** — разработка общей структуры адаптивной системы энергоэффективного управления процессом сортировки яблок на конвейерной линии.

**Методы.** В работе применен метод автоматического сопровождения объектов в потоке на конвейерной линии, инвариантный к перемещению, повороту и геометрическим преобразованиям отслеживаемых объектов.

**Результаты.** Рассмотрена схема реализации системы автоматизированного управления процессом сортировки яблок, в которой одно из главных мест занимают блок управления и блок синхронизации, которые целесообразно реализовывать программно с использованием средств SCADA. Предложенная система осуществляет актуализацию информации процесса сортировки по результатам опроса датчиков с определенной дискретностью и внесением текущих сведений в базу данных технологического процесса. Описана структурно-функциональная схема системы слежения за движением яблок на конвейерной линии, основанная на видеонаблюдении и содержащая видеокамеру, блок обработки видеоинформации, устройство хранения и устройство отображения видеоинформации. Отмечено, что блок обработки видеоинформации состоит из двух подсистем: подсистемы идентификации яблок и подсистемы автоматического сопровождения движущихся объектов. Подсистема автоматической идентификации яблок предусматривает предварительную обработку кадров, выделение точек сопровождаемых объектов. Результатами этого этапа является предварительная обработка изображения с видеодатчиков, повышение качества исходного изображения, при этом критерий качества изображения выбирается в соответствии с назначением системы (улучшение зрительных характеристик изображения, выявление некоторых особенностей изображения). Подсистема автоматического сопровождения предусматривает отслеживание видеопотока, предварительную обработку видеок кадров, выделение движущихся яблок. Результатами этого этапа является получение характеристик движения (траектория движения, координаты яблок, угол рассогласования между яблоками и оптической областью видеодатчиков). Было установлено, что точность и быстродействие системы обеспечивается автоматическими операциями: идентификацией, локализацией, сопровождением яблок, а также определением момента появления движущегося объекта в области сортировки и выдачи сигнала на исполнительный механизм для определения искомого яблоки из общего потока, что позволило получить в текущий момент времени множество яблок, отобранных по заданному критерию с известными координатами положения на конвейерной линии.

**Ключевые слова:** видеосигнал, конвейерная линия, процесс сортировки яблок, автоматизированное управление, система сопровождения яблок, средства SCADA.

**Objective.** The objective of the article is to develop the general structure of an adaptive system for energy-efficient management of the process of sorting apples on a conveyor line.

**Methods.** In the research, the method of automatic tracking of objects in a stream on a conveyor line is applied, which is invariant to movement, rotation, and geometric transformations of tracked objects.

**Results.** The implementation scheme of an automated control system for the apple sorting process is considered, in which one of the main places is occupied by the control unit and synchronization unit, which is expedient to implement programmatically using SCADA tools. The proposed system updates the information of the sorting process according to the results of a survey of sensors with a certain discreteness and entering current information into the database of the technological process. A structural and functional diagram of a system for tracking the movement of apples on a conveyor line based on video surveillance and containing a video camera, a video processing unit, a storage device and a video information display device is described. It is noted that the video processing unit consists of two

*subsystems: the apple identification subsystem and the automatic tracking subsystem of moving objects. The automatic apple identification subsystem provides for the preliminary processing of personnel, the allocation of points of the accompanied objects. The results of this stage are preliminary processing of the image from video sensors, improving the quality of the original image, while the criterion for image quality is selected in accordance with the purpose of the system (improving the visual characteristics of the image, identifying some features of the image). The automatic tracking subsystem provides for tracking the video stream, preprocessing video frames, and highlighting moving apples. The results of this stage are obtaining the characteristics of the movement (the trajectory of movement, the coordinates of the apples, the angle of mismatch between the apples and the optical region of the video sensor). It was found that the accuracy and speed of the system is ensured by automatic operations: identification, localization, tracking of apples, as well as determining the moment of the appearance of a moving object in the field of sorting and issuing a signal to the actuator to determine the desired apples from the general flow, which made it possible to obtain at the current time many apples selected according to a given criterion with known position coordinates on the conveyor line.*

**Key words:** video signal, conveyor line, apple sorting process, automated control, apple tracking system, SCADA tools.

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-48-54

УДК 542.816

*Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Гузенко В. В., канд. техн. наук<sup>1</sup>*

*Омельченко О. В., канд. техн. наук<sup>2</sup>*

*Абрамова О. В., магістрант<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна, e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

#### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ КОНЦЕНТРУВАННЯ НЕЖИРНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ**

UDK 542.816

*Deynichenko G. V., Grand PhD in Engineering sciences, Professor<sup>1</sup>*

*Guzenko V. V., PhD in Engineering sciences<sup>1</sup>*

*Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>*

*Abramova O. V., Master's Degree<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade (Kharkiv, Ukraine), e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

#### **MATHEMATICAL MODELING OF MEMBRANE PROCESSES OF CONCENTRATION OF LOW-FAT DAIRY RAW MATERIALS**

**Мета** — створення математичної моделі для визначення продуктивності напівпроникних полімерних мембран під час концентрування нежирної молочної сировини та визначення основних технологічних параметрів процесу мембранного розділення харчових високомолекулярних рідин.

Надійшла до редакції 02.11.2019 р. © Г. В. Дейниченко, В. В. Гузенко, О. В. Омельченко, О. В. Абрамова, 2019



**Методи.** Запропоновано до використання нову математичну модель для визначення технологічних параметрів процесу ультрафільтраційного концентрування нежирної молочної сировини в режимі барботування.

**Результати.** Складено математичну модель процесу концентрування нежирної молочної сировини. Подано ґрунтовний опис наведеної моделі для визначення продуктивності ультрафільтраційних мембран під час мембранного оброблення нежирної молочної сировини. Досліджено продуктивність напівпроникних мембран типу ПАН та побудовано залежності згідно із запропонованою методикою моделювання процесу концентрування нежирної молочної сировини. Надано опис одержаних залежностей та визначені технологічні параметри процесу мембранного концентрування нежирної молочної сировини в режимі турбулізації процесу розділення. Встановлено, що ефективніше проходження процесу мембранного концентрування відбувається за температури 40...50 °С, тиску фільтрації — 0,4...0,5 МПа. Рекомендованими режимами барботування при цьому є частота барботування 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup> і тиск барботування 0,56...0,58 МПа. Встановлено, що в режимі барботування порівняно з ультрафільтрацією в тупиковому режимі відбувається інтенсифікація процесу ультрафільтрації нежирної молочної сировини: в 1,5...1,6 разів за ультрафільтрації сколотин, у 1,3...1,4 разів за ультрафільтрації знежиреного молока, в 1,4...1,5 разів за ультрафільтрації сироватки з-під кислого сиру. Отримані результати спрямовані на подальші дослідження щодо визначення продуктивності інших напівпроникних мембран, що дозволить застосовувати одержані результати для подальшого визначення технологічних параметрів під час застосування засобів інтенсифікації процесу мембранного концентрування біологічних речовин.

**Ключові слова:** модель, молоко, ультрафільтрація, концентрування, мембрана.

**Постановка проблеми.** Сьогодні в харчовій промисловості мембранні методи застосовують для очищення і концентрування фруктових і овочевих соків у консервному виробництві, дифузійного соку в цукровому виробництві, для концентрування молока і молочних продуктів, стабілізації безалкогольних напоїв і виноградних вин, холодної пастеризації пива, для підготовки технологічної води, очищення рослинних масел, отримання білка з картопляного соку, розділення крові забійних тварин, виділення ферментів, очищення промислових стоків, поділу газів тощо [1–5].

Попри те, що процеси мембранного оброблення успішно використовуються в різних галузях харчової промисловості під час виробництва кулінарної та кондитерської продукції нині технічне забезпечення процесу мембранного концентрування для перероблення нежирної молочної сировини (НМС) викликає деякі складнощі [6, 7]. При цьому спостерігається відсутність вдосконалених мембранних установок малої продуктивності, що пояснюється недостатньою кількістю експериментальних даних, необхідних для розрахунку процесу мембранного концентрування та устаткування для його реалізації [8, 9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З усіх мембранних процесів для оброблення НМС найбільшою мірою підходить ультрафільтрація (УФ). Процес УФ має такі переваги: висока економічність, низька енергоємність, відсутність фазових перетворень білка. На відміну від зворотного осмосу і нанофільтрації процес УФ протікає за більш низького тиску й одночасно забезпечує більш високу селективність, ніж мікрофільтрація. Одночасно з концентрацією харчових розчинів УФ здійснює їх очищення від низькомолекулярних речовин, бактерій, зберігаючи постійне значення рН. Вищевикладене зумовлює широке використання процесу ультрафільтрації під час перероблення молочної сировини, проте відсутність відомостей про технічні характеристики сучасних мембран викликає необхідність проведення досліджень процесу УФ нежирної молочної сировини [10, 11].

**Мета статті** — математичне моделювання мембранного концентрування нежирної молочної сировини з метою визначення раціональних параметрів процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

— надати опис запропонованої математичної моделі для визначення технологічних параметрів процесу концентрування НМС з урахуванням методів інтенсифікації (барботування);

— дослідити продуктивність напівпроникних мембран типу ПАН та побудувати залежності згідно із запропонованою методикою моделювання процесу концентрування НМС;

— визначити раціональні значення технологічних параметрів процесу концентрування НМС.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою визначення характеристик процесу УФ-концентрування НМС було використано математичну модель за методом планування експерименту [12]. Рівняння регресії, отримані шляхом дослідження зміни параметрів УФ-концентрування нежирної молочної сировини, забезпечують вивчення явищ, які проходять під час УФ молочної сировини, а також визначення оптимальних умов УФ-концентрування НМС для отримання їх концентратів з різним значенням продуктивності УФ-мембран типу ПАН.

Для дослідження процесу мембранного розділення НМС було обрано такі основні вхідні параметри процесу:  $t$  — температура УФ-концентрування, °С;  $\tau$  — тривалість процесу УФ-концентрування, год;  $P$  — тиск фільтрації, МПа;  $n$  — частота барботування, хв<sup>-1</sup>;  $P_1$  — тиск барботування, МПа.

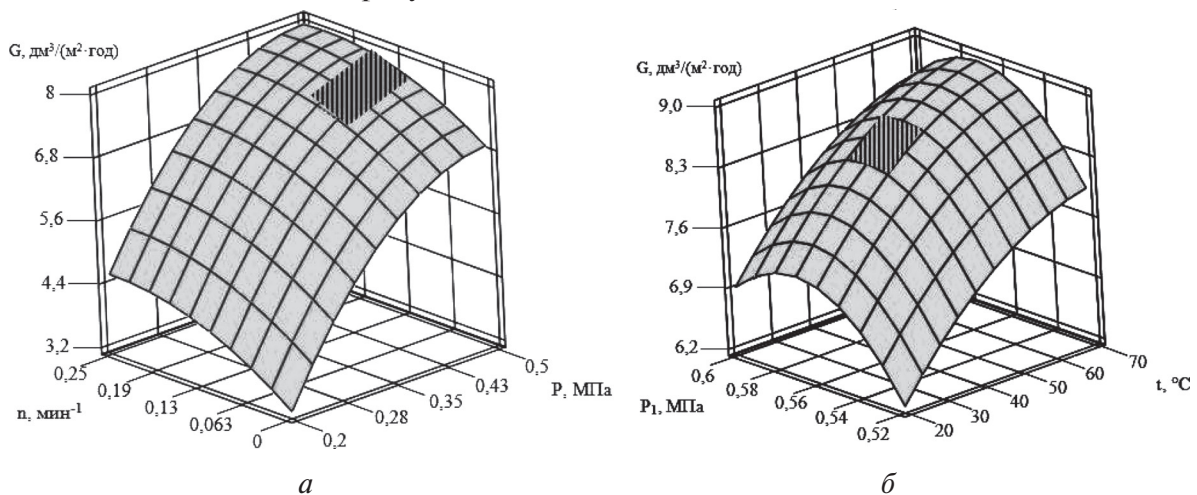
Для обраних параметрів встановлені рівні та інтервали варіювання (табл. 1) [13].

**Таблиця 1** — Рівні та інтервали варіювання

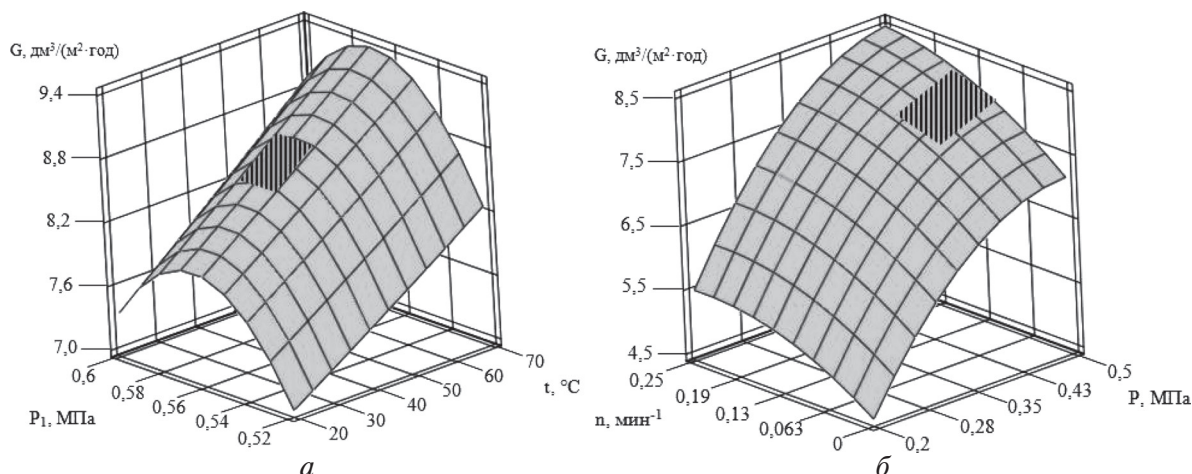
Умови проведення експерименту	Позначення	Параметри впливу				
		$t$ , °С	$\tau$ , год	$P$ , МПа	$P_1$ , МПа	$n$ , хв <sup>-1</sup>
Основний рівень	$X_0$	45	2	0,35	0,56	0,125
Інтервал варіювання	$\Delta X$	25	2	0,15	0,04	0,125
Верхній рівень	$X_1$	70	4	0,5	0,6	0,25
Нижній рівень	$X_2$	20	0,25	0,2	0,52	0

У результаті проведеного регресійного і кореляційного аналізу сукупності впливу всіх трьох факторів на продуктивність напівпроникних УФ-мембран типу ПАН виявлено вид цих залежностей, які наведені нижче.

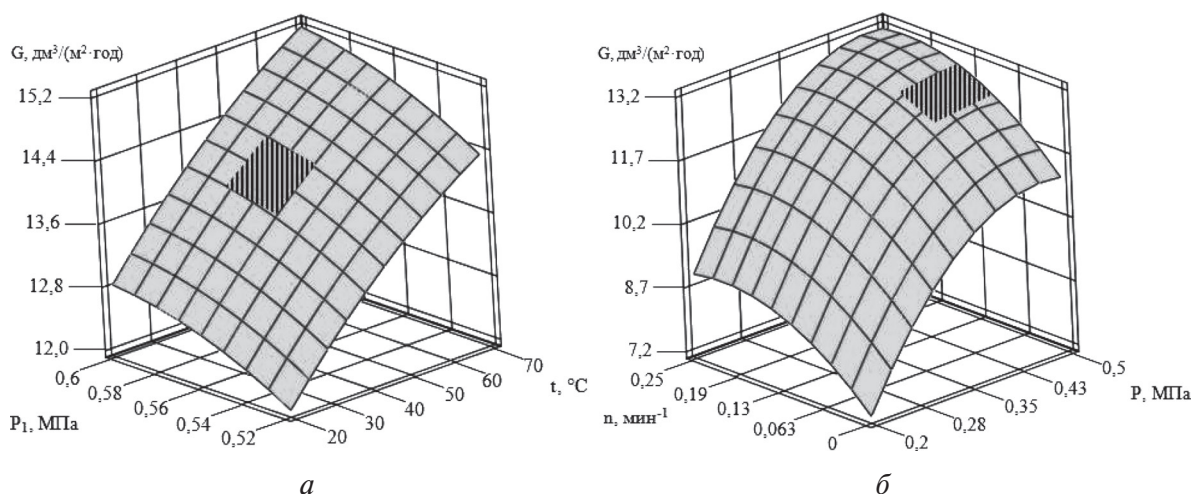
Оптимізація технологічних режимів процесу УФ-концентрування досліджуваних видів НМС в тупиковому режимі і в режимі барботування дозволила одержати об’ємні графічні залежності, які характеризують зазначений процес (рис. 1–3) [14]. Раціональні технологічні параметри проведення процесу ультрафільтрації позначено на графічних залежностях відповідним штрихуванням.



**Рисунок 1** — Залежність продуктивності УФ-мембрани ПАН-100 у процесі мембранного розділення сколотин від: *a* — тиску барботування ( $P_1$ ) і температури ( $t$ ); *б* — частоти барботування ( $n$ ) і тиску фільтрації ( $P$ )



**Рисунок 2** — Залежність продуктивності УФ-мембрани ПАН-100 у процесі мембранного розділення знежиреного молока від: *a* — тиску барботування ( $P_1$ ) і температури ( $t$ ); *б* — частоти барботування ( $n$ ) і тиску фільтрації ( $P$ )



**Рисунок 3** — Залежність продуктивності УФ-мембрани ПАН-100 у процесі мембранного розділення сироватки з-під кислого сиру від: *a* — тиску барботування ( $P_1$ ) і температури ( $t$ ); *б* — частоти барботування ( $n$ ) і тиску фільтрації ( $P$ )

Для процесу УФ-концентрування НМС під час барботування:

— продуктивність мембрани ПАН-50 для сколотин:

$$G1_{ск}^6 = -138,588 + 0,11t + 32,768 P + 99,803 P_1 + 17,583 n + 8 \cdot 10^{-5} t^2 - \\ - 55,556 P^2 - 406,25 P_1^2 - 7,668 n^2 + 0,013 t P - 0,152t P_1 + 0,032t n + \\ + 25,365 P \cdot P_1 - 5,353 P \cdot n - 20,073 P_1 \cdot n;$$

— продуктивність мембрани ПАН-50 для знежиреного молока:

$$G1_{мол}^6 = -28,972 + 0,125t + 38,556 P + 75,0 P_1 + 12,347 n - 1 \cdot 10^{-3} t^2 - \\ - 42,222 P^2 - 62,5 P_1^2 - 28,59 n^2 + 5,39 \cdot 10^{-13} t P + 1,009 \cdot 10^{-12} t P_1 + \\ + 4,829 \cdot 10^{-13} t n + 5,426 \cdot 10^{-11} P \cdot P_1 + 8,333 \cdot 10^{-11} P \cdot n + 3,003 \cdot 10^{-10} P_1 \cdot n;$$

— продуктивність мембрани ПАН-50 для сироватки з-під кислого сиру:

$$G1_{сир}^6 = -37,091 + 0,076t + 54,592 P + 99,803 P_1 + 20,526 n - 2,939 \cdot 10^{-4} t^2 - \\ - 64,83 P^2 - 82,917 P_1^2 - 39,739 n^2 + 0,017 t P - 0,023t P_1 - 1,207 \cdot 10^{-3} t n + \\ + 12,173 P \cdot P_1 + 0,201 P \cdot n - 4,246 P_1 \cdot n;$$

— продуктивність мембрани ПАН-100 для сколотин:

$$G2_{ск}^6 = -127,391 + 0,076t + 28,309 P + 437,924 P_1 + 17,647 n - 4,667 \cdot 10^{-4} t^2 - \\ - 33,185 P^2 - 385,417 P_1^2 - 19,871 n^2 - 2,401 \cdot 10^{-3} t P - 9,002 \cdot 10^{-3} t P_1 + \\ + 0,021t n + 9,834 P \cdot P_1 - 3,487 P \cdot n - 13,078 P_1 \cdot n;$$

— продуктивність мембрани ПАН-100 для знежиреного молока::

$$G2_{\text{мол}}^6 = -168,099 - 6,431 \cdot 10^{-3} t + 31,366 P + 587,479 P_1 + 27,009 n + \\ + 2,133 \cdot 10^{-5} t^2 - 29,407 P^2 - 516,667 P_1^2 - 18,596 n^2 - 0,014 t P + \\ + 0,078 t P_1 - 0,028 t n - 2,508 P \cdot P_1 + 4,749 P \cdot n - 32,193 P_1 \cdot n;$$

— продуктивність мембрани ПАН-50 для сироватки з-під кислого сиру:

$$G2_{\text{сир}}^6 = -36,803 + 0,069 t + 42,708 P + 116,559 P_1 + 24,698 n + \\ + 3,323 \cdot 10^{-4} t^2 - 53,807 P^2 - 97,917 P_1^2 - 43,482 n^2 + 8,042 \cdot 10^{-3} t P + \\ + 7,158 \cdot 10^{-3} t P_1 + 0,012 t n + 13,64 P \cdot P_1 + 2,016 P \cdot n - 12,439 P_1 \cdot n.$$

Вищенаведені залежності дозволили визначити раціональні технічні параметри процесу УФ знежиреного молока, сколотин і сироватки з-під кислого сиру в режимі барботування рідких високомолекулярних полідисперсних систем, які були сконцентровані мембранним розділенням. Встановлено, що ефективніше проходження процесу мембранного концентрування відбувається за температури 40...50 °С, тиску фільтрації — 0,4...0,5 МПа. Рекомендованими режимами барботування при цьому є частота барботування 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup> та тиск барботування 0,56...0,58 МПа. Експериментальні дослідження показали, що застосування режиму барботування дає можливість підвищити ефективність УФ-розділення нежирної молочної сировини.

Встановлено, що в режимі барботування відбувається інтенсифікація процесу УФ НМС порівняно з УФ в тупиковому режимі в 1,5...1,6 разів за ультрафільтрації сколотин, у 1,3...1,4 разів за ультрафільтрації знежиреного молока, у 1,4...1,5 разів за ультрафільтрації сироватки з-під кислого сиру.

**Висновки.** З усіх існуючих мембранних процесів розділення для концентрування білково-вуглеводної молочної сировини більшою мірою підходить ультрафільтрація. Ультрафільтраційне концентрування відрізняється високою економічністю, низькою енергоємністю, зберігає нативні властивості компонентів молочної сировини, здійснює його очищення від низькомолекулярних речовин. Тому проведення досліджень процесу мембранного концентрування нежирної молочної сировини є актуальним завданням, що сприятиме розвитку мембранної технології в підприємствах агропромислового комплексу нашої країни. Результати математичного моделювання дали змогу встановити раціональні технологічні параметри процесу ультрафільтрації нежирної молочної сировини в режимі барботування. Найефективніше проводити процес ультрафільтраційного концентрування за температури 40...50 °С, тиску фільтрації — 0,4...0,5 МПа, тривалості процесу — 3,0...4,0 год. Рекомендованими режимами барботування при цьому є частота барботування 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup> і тиску барботування 0,56...0,58 МПа.

У наступних дослідженнях за даним напрямом планується проведення досліджень для визначення технологічних параметрів процесу мембранного оброблення інших високомолекулярних харчових рідин рослинного і тваринного походження.

#### Список літератури / References

1. Deinychenko, G., Maznyak, Z., Zolotukhina, I., Gafurov, O. (2011). Membrane concentration of non-fat milk stuff. *Industrial Engineering Journal «RECET»*, no. 3, pp. 245–248.
2. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Золотухіна І. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини: [монографія]. Х. : Факт, 2008. 208 с.
3. Dejnichenko, G. V., Maznyak, Z. O., Zolotuhina, I. V. (2008). *Ultrafiltratsiini protsesy ta tekhnolohii ratsionalnoi pererobky bilkovo-vuhlevodnoi molochnoi syrovyny*: [Multifiltering processes and technology rational processing of Ultrafiltration Protein-Carbohydrate Raw Milk]. Kharkiv, Fakt Publ., 208 p.
3. Kelly, P. (2011). Milk Protein Concentrate. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, no. 4, pp. 39–44.
4. Ding U., Kleinschmidt T., Lorenz C. (2014). Alterations to the composition of casein micelles and retentate serum during ultrafiltration of skim milk at 10 and 40 °C. *International Dairy Journal*, no. 1, pp. 63–69.

5. Deinychenko, G., Mazniak, Z., Kramarenko, D., Guzenko, V. (2015). Determination of ultrafiltration membranes shrinkage factor. *Ukrainian Food Journal*, no. 4., pp. 328–334.
6. Akoum, O., Jaffrin, M., Ding, L. (2005). Concentration of total milk proteins by high shear ultrafiltration in a vibrating membrane module. *Journal of Membrane Science*, no. 247, iss. 1–2, pp. 211–220.
7. СВИТЦОВ А. А. Введение в мембранную технологию. М.: Дели принт, 2007. 208 с.  
Svitcov, A. A. (2007). *Vvedenie v membrannuju tehnologiju* [Introduction to membrane technology]. Moscow, Deli print Publ., 208 p.
8. Бабёнышев С. П., Евдокимов И. А. Мембранные технологии очистки растительного масла. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2008. № 4. С. 78–80.  
Babyonyishev, S. (2008). *Membrannyye tehnologii ochistki rastitelnogo masla* [Membrane technologies for the purification of vegetable oil]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], no. 4, pp. 78–80.
9. Гранев И. Н., Зверев С. В. Мембранные технологии в молочной промышленности. *Молочное дело*. 2005. № 2. С. 78–80.  
Granev, I. N., Zverev, S. V. (2005). *Membrannyye tehnologii v molochnoy promyshlennosti* [Membrane technology in the dairy industry]. *Molochnoe delo* [Dairy business], no. 2, pp. 78–80.
10. Ribeiro, A., Ning, B., Goncalves, G. (2008). The optimisation of soybean oil degumming on a pilot plant scale using a ceramic membrane. *J. Food Eng.*, no. 4, pp. 514–521.
11. Богомолов В. Ю., Лазарев С. И. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. *Вопросы современной науки и практики*. 2014. № 1 (50). С. 82–91.  
Bogomolov, V., Lazarev, S. (2014). *Promyshlennaya pererabotka vtorichnogo molochnogo syrya* [Industrial processing of secondary dairy raw materials]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki* [Questions of modern science and practice], no. 1 (50), pp. 82–91.
12. Lobasenko, B. A., Semenov, A. G. (2013). Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer. *Foods and Raw Materials*. no. 1, pp. 74–81.
13. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Гафуров О. В., Підкорчевний О. О. Рациональні параметри мембранної обробки білково-вуглеводної молочної сировини. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць*. 2013. Вип. 1 (17). С. 141–147.  
Deinychenko, G., Mazniak, Z., Gafurov, O., Pidkorchevniy, O. (2013). *Ratsionalni parametry membrannoi obrobky bilkovo-vuhlevodnoi molochnoi syrovyny*. [Rational parameters of membrane processing of protein-carbohydrate milk raw materials]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnystv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Progressive food technology and technology in the restaurant industry and trade], no. 17, pp. 141–147.
14. Дьяконов В. П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO. М. : СК Пресс, 1997. 336 с.  
Dyakonov, V. (1997). *Spravochnik po MathCAD PLUS 6.0 PRO* [MathCAD PLUS 6.0 PD Reference]. Moscow, CC Press, 336 p.

**Цель** — создание математической модели для определения продуктивности полупроницаемых полимерных мембран во время концентрирования нежирного молочного сырья и определения основных технологических параметров процесса мембранного разделения пищевых высокомолекулярных жидкостей.

**Методы.** Предложена к использованию новая математическая модель для определения технологических параметров процесса ультрафильтрационного концентрирования нежирного молочного сырья в режиме барботирования.

**Результаты.** Составлена математическая модель процесса концентрирования нежирного молочного сырья. Представлено обоснованное описание приведенной модели для определения производительности ультрафильтрационных мембран при мембранной обработке нежирного молочного сырья. Исследована производительность полупроницаемых мембран типа ПАН и построены зависимости согласно предложенной методике моделирования процесса концентрирования нежирного молочного сырья. Представлено описание полученных зависимостей и определены технологические параметры процесса мембранного концентрирования

нежирного молочного сыра в режиме турбулизации процесса разделения. Установлено, что эффективное прохождение процесса мембранного концентрирования происходит при температуре 40...50 °С, давлении фильтрации — 0,4...0,5 МПа. Рекомендованными режимами барботирования являются частота барботирования 0,10...0,15 мин<sup>-1</sup> и давление барботирования 0,56...0,58 МПа. Установлено, что в режиме барботирования по сравнению с ультрафильтрацией в тупиковом режиме происходит интенсификация процесса ультрафильтрации нежирного молочного сыра: в 1,5...1,6 раза при ультрафильтрации пахты, в 1,3...1,4 раза при ультрафильтрации обезжиренного молока, в 1,4...1,5 раза при ультрафильтрации творожной сыворотки.

Полученные результаты направлены на дальнейшие исследования по определению производительности других полупроницаемых мембран, что позволит применять полученные результаты для дальнейшего определения технологических параметров при применении средств интенсификации процесса мембранного концентрирования биологических веществ.

**Ключевые слова:** модель, молоко, ультрафильтрация, концентрирование, мембрана.

**Objective.** The objective of the article is to create a mathematical model for determining the productivity of semipermeable polymer membranes during the concentration of low-fat milk raw materials and to determine the main technological parameters of the process of membrane separation of food high molecular weight liquids.

**Methods.** A new mathematical model is proposed for use to determine the technological parameters of the process of ultrafiltration concentration of non-fat milk raw materials in the bubbling mode.

**Results.** The mathematical model of the process of concentrating low-fat dairy raw materials has been developed. The justified description of the model for determining the performance of ultrafiltration membranes during membrane processing of low-fat dairy raw materials is presented. The performance of semi-permeable membranes of the PAN type was studied and dependencies were constructed according to the proposed methodology for modeling the process of concentrating low-fat milk. The description of the obtained dependences is presented, and technological parameters of the membrane concentration process of nonfat milk raw materials in the turbulization mode of the separation process are determined.

It was established that the effective passage of the membrane concentration process occurs at a temperature of 40–50 °С, a filtration pressure of 0.4...0.5 МПа. Recommended bubbling regimes are a bubbling frequency of 0.10–0.15 min<sup>-1</sup> and a bubbling pressure of 0.56...0.58 МПа. It has been established that in the bubbling mode, compared to ultrafiltration in a dead-end mode, the process of ultrafiltration of nonfat milk raw materials is intensified: 1.5...1.6 times with ultrafiltration of buttermilk, 1.3...1.4 times with ultrafiltration of skim milk, 1.4...1.5 times with ultrafiltration of curd whey.

The results are aimed at further studies to determine the performance of other semi-permeable membranes, which will allow the results to be used to further determine the technological parameters when using means of intensifying the process of membrane concentration of biological substances.

**Keywords:** model, milk, ultrafiltration, concentration, membrane.

# РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -39-2-55-60  
УДК 002.5:631.561:635.28

*Дмитревський Д. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Гавриленко С. В., магістрант<sup>1</sup>*  
*Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор<sup>2</sup>*  
*Перекрест В. В., асистент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна, e-mail: oborud.hduht@gmail.com, dmitrevskyidv@gmail.com

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

UDC 002.5:631.561:635.28

*Dmytrevskiy D. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Gavrylenko S. V., Master's Degree master<sup>1</sup>*  
*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,  
Professor<sup>2</sup>*  
*Perekrest V. V., Assistant Professor<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade (Kharkiv, Ukraine), e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

## RATIONALE FOR THE DESIGN OF THE ROOT CROPS PEELING MACHINE

**Мета** — розроблення апарата для реалізації комбінованого процесу очищення бульб топінамбура, а також висвітлення переваг його використання.

**Методи.** Проведено експериментальні дослідження комбінованого процесу очищення топінамбура. Визначено вплив тиску пари та тривалості процесу термічного оброблення бульб на глибину термічного оброблення її поверхневого шару. Розглянуто раціональні параметри комбінованого процесу очищення топінамбура, які дозволяють істотно інтенсифікувати й механізувати процес очищення, зменшити втрати сировини та покращити якість очищення.

**Результати.** Проведені дослідження впливу параметрів термічного оброблення та тривалості процесу очищення на поверхневий шар. Встановлено вплив тиску пари і тривалості теплового оброблення на поверхневий шар бульб топінамбура. Тривалість процесу механічного доочищення знаходиться в діапазоні 30...110 с. До параметрів, що впливають на втрати сировини, належать: глибина термічного оброблення поверхневого шару бульби топінамбура, термін зберігання топінамбура, а також тривалість проведення процесу механічного доочищення. З метою реалізації комбінованого процесу очищення було розроблено апарат для очищення овочевої сировини, принцип дії якого засновано на поєднанні парового та механічного процесів очищення. Процес термічного оброблення овочів парою тиску та процес його механічного доочищення відбуваються в одній робочій камері, що значно спрощує процес очищення та скорочує тривалість його проведення. Застосування апарата для комбінованого способу очищення овочів значно зменшує матеріал- і енергоємність обладнання, знижує відсоток втрат сировини, а також покращує якісні показники очищення. Апарат забезпечує більш високу якість очищення порівняно з апаратами, які сьогодні застосовуються на підприємствах ресторанної індустрії та малих переробних підприємствах.

Надійшла до редакції 25.10.2019 р. © Д. В. Дмитревський, С. В. Гавриленко, Г. В. Гейер, В. В. Перекрест, 2019

**Ключові слова:** топінамбур, апарат для комбінованого очищення, теплове оброблення, механічне оброблення, якість очищення, відсоток втрат сировини.

**Постановка проблеми.** Бульби топінамбура являють собою цінне джерело корисних для організму людини речовин. Особливо корисний топінамбур для хворих на цукровий діабет, оскільки його бульби мають у своєму складі інулін. Високу харчову цінність бульби топінамбура мають завдяки вмісту функціональних макро- і мікронутрієнтів. Великий вміст біологічно активних речовин, вітамінів і мінералів у бульбах топінамбура зумовлює перспективи використання його у лікувальних та дієтичних цілях [1].

Процес очищення овочів є доволі актуальним напрямом для досліджень, незважаючи на велику кількість існуючих способів і устаткування для його здійснення. Очищення є однією з найбільш трудомістких операцій під час перероблення плодоовочевої сировини [2].

Топінамбур має складну форму бульби, що призводить до суттєвих втрат під час проведення процесу очищення. Для забезпечення збереження сировини виникає необхідність внести суттєві зміни у проведення процесу очищення. Саме створення нового обладнання, яке сприятиме зменшенню втрат сировини та покращить якість очищення, є перспективним напрямом досліджень [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Спосіб очищення топінамбура має важливе значення для економіки виробництва, оскільки під час перероблення відходи сировини можуть досягати 50 %. Очищення топінамбура можна проводити термічним, хімічним і механічним способами. Але за умов використання термічного та хімічного способів для остаточного відділення шкірки однаково застосовують доочищення. Найчастіше доочищення здійснюють щітковими та гумовими поверхнями. Найпоширенішим та найпростішим способом очищення бульб топінамбура є механічний спосіб, який зумовлює зміну тільки анатомічної будови бульби без істотної зміни її хімічного складу. Сутність механічного способу очищення полягає в стиранні зовнішніх тканин шорсткими поверхнями, переважно абразивними. Механічне очищення вимитих, інспектованих і каліброваних бульб здійснюють в очищувальних при безперервному подаванні в них води для змивання та видалення відходів. При цьому способі очищення зовнішній покрив здирається шорсткими робочими поверхнями під час окремого їх переміщення (проковзування). При цьому бульба повинна притискатися до шорсткої поверхні з певним зусиллям, щоб часточки цієї поверхні поглибилися в бульбу, а при подальшому її русі відбулося мікрорізання. За механічного способу очищення топінамбура руйнується велика кількість клітин поверхневого шару, внаслідок чого на поверхні втрачається багато корисних речовин [4–5].

Отже, виникає необхідність створення обладнання, яке мінімізує втрати сировини та покращить якість очищення поверхні бульб топінамбура.

Особливої уваги заслуговує процес очищення бульб топінамбура від зовнішнього покриву. На сьогодні цей процес є доволі трудомістким і вимагає застосування ручної праці. Крім цього, під час очищення значна частина сировини втрачається. Це відбувається в результаті того, що бульби топінамбура мають складну форму. У сучасних умовах виробництва виникає необхідність створення ресурсозберігаючого обладнання, яке відповідає світовим вимогам. Нині одним з найбільш перспективних напрямів покращення якості очищення топінамбура і зниження втрат сировини є створення обладнання, принцип роботи якого заснований на комбінованій дії термічного і механічного процесів на продукт [5].

На сьогодні відсутність комплексних експериментальних досліджень із використання комбінованого впливу цих процесів на продукт істотно ускладнює розроблення нового енергетично ефективного обладнання. Рішенням проблеми очищення овочевої сировини є розроблення апарата для комбінованого процесу очищення бульбоплодів за рахунок поєднання термічного і механічного впливу на продукт.

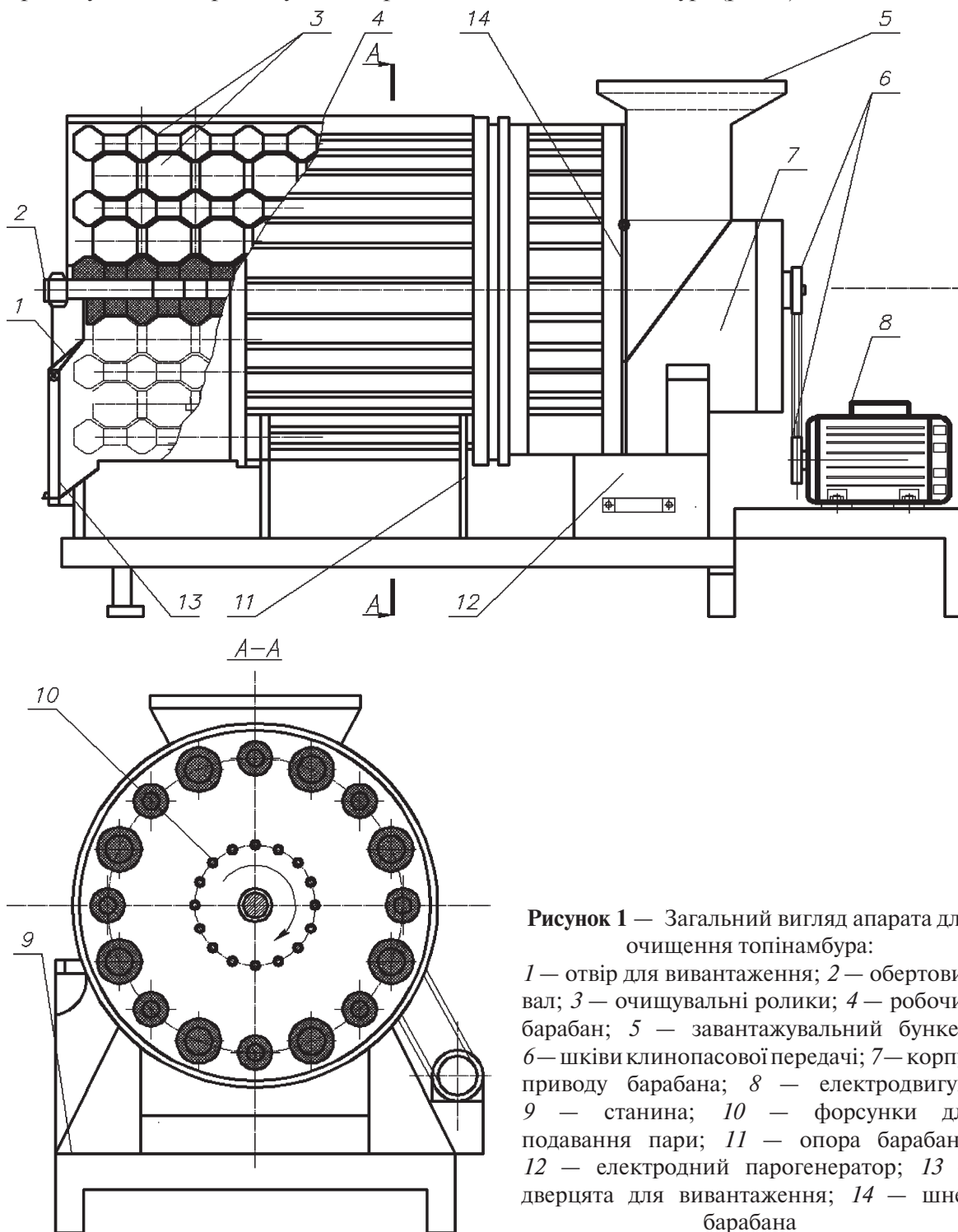
**Мета статті** — розроблення апарата для реалізації комбінованого процесу очищення бульб топінамбура, а також обґрунтування переваг його використання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На основі проведених літературних та патентних досліджень встановлено, що найбільш перспективним напрямом для розроблен-



ня способу очищення топінамбура є використання комбінованої дії процесів попереднього оброблення паром та подальшого механічного очищення продукту [6].

Наведена комбінація процесів може бути реалізована за рахунок використання запропонованої конструкції апарата для очищення топінамбура. Для виконання поставлених завдань запропоновано під час оброблення топінамбура застосовувати дію пари надлишкового тиску і механічне доочищення. Застосування пари надлишкового тиску дозволить посилити дію очищувальних елементів та усунути необхідність довготривалого оброблення в температурному середовищі. Крім цього, застосування пари підвищеного тиску та подавання її через форсунки дозволить значно заощадити витрати енергоносіїв на нагрівання води та витрати, власне, води на здійснення процесу. Щоб утілити запропонований метод, пропонується використовувати апарат для очищення топінамбура (рис. 1).



**Рисунок 1** — Загальний вигляд апарата для очищення топінамбура:

1 — отвір для вивантаження; 2 — обертовий вал; 3 — очищувальні ролики; 4 — робочий барабан; 5 — завантажувальний бункер; 6 — шків клинопасової передачі; 7 — корпус приводу барабана; 8 — електродвигун; 9 — станина; 10 — форсунки для подавання пари; 11 — опора барабана; 12 — електричний парогенератор; 13 — дверцята для вивантаження; 14 — шнек барабана

Апарат працює так: попередньо сировина завантажується до робочого барабана 4 через завантажувальний бункер 5. Робочий барабан обертається з певною частотою. За рахунок обертання барабана бульби топінамбура притискаються до робочих органів барабана, які розміщені вздовж стінок. На поверхню бульб діють одночасно робочі органи, що являють собою очищувальні ролики 3 різної форми та розмірів. Завдяки тому, що ролики мають різну форму та розміри досягається можливість очищення поверхні бульб різної форми та розмірів. Ролики вкриті поверхнею зі спеціальної рифленої гуми і здійснюють обертальний рух навколо своєї осі і навколо обертового валу барабана 2.

Кожний ролик має поверхню зі змінним перерізом, яка утворює виступи і впадини по всій довжині робочої поверхні. Перехід кожного виступу на впадину і навпаки виконано з ухилом. Під час переходу з виступу до впадини бульби обертаються як навколо своєї великої осі, так і навколо своєї меншої осі.

На рис. 2 показано схему розміщення бульб топінамбура на робочих органах апарата.

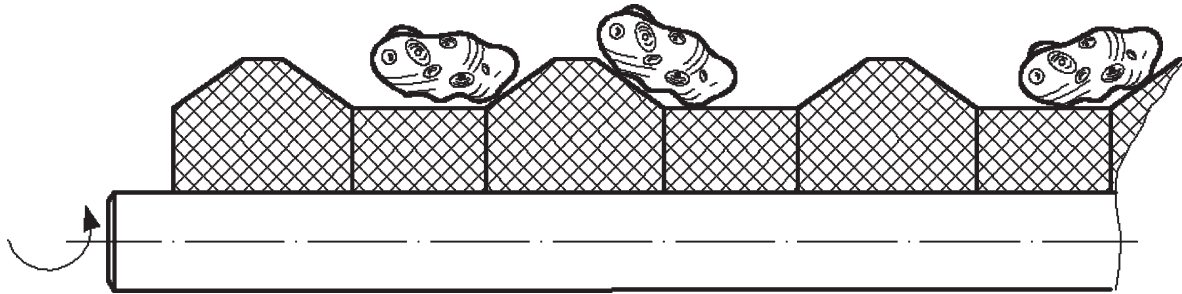


Рисунок 2 — Схема розміщення бульб топінамбура на робочих органах апарата

Це, своєю чергою, сприяє рівномірному та якісному очищенню бульб від шкірки. Ролики встановлені зі взаємним розташуванням виступів і впадин на всіх роликах робочої поверхні барабана.

На рис. 3 подано схему переміщення бульб топінамбура відносно робочих органів апарата.

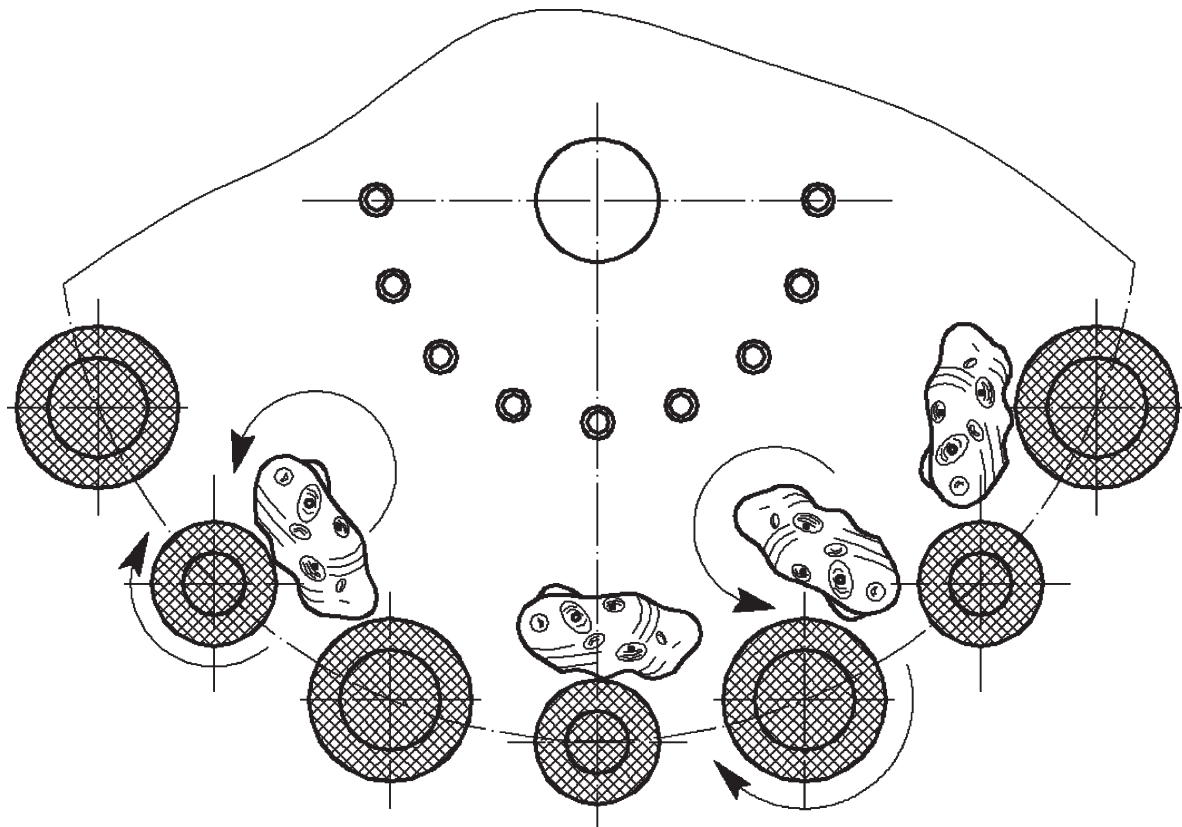


Рисунок 3 — Схема переміщення бульб топінамбура відносно робочих органів апарата

Завдяки обертальному руху посилюється дія очищувальних роликів на поверхню бульб топінамбура. Робочий барабан 4 приводиться в дію електродвигуном 8, який передає рух через клинопасову передачу 6. В середині барабана знаходиться шнек 14, який необхідний для переміщення сировини від зони завантаження до зони вивантаження.

На поверхню бульб топінамбура діє пара надлишкового тиску. Пара подається до робочої камери крізь форсунки для подачі пари 10. Відбувається короткочасне оброблення бульб топінамбура парою. Пара передає велику кількість теплоти тільки поверхневому шару бульби топінамбура. Таким чином, досягається мінімізація проварювання поверхневого шару і суттєве скорочення часу оброблення. Мінімальна тривалість термічного оброблення необхідна також задля економії енергетичних ресурсів та економії води.

Під час оброблення продуктів парою надлишкового тиску, волога, яка міститься в поверхневому міжклітинному шарі бульби, скипає. Після різкого випуску пари з робочої камери різко падає тиск. Волога в поверхневому міжклітинному шарі після скипання перетворюється на пару і розриває шкірку бульби, тим самим забезпечуючи її легке відділення.

Під час одночасного впливу пари та очищувальних роликів відбувається комбінований ефект, який дозволяє парі пришвидшити прогрівання поверхневого шару бульби. Крім цього, на поверхню топінамбура діють струмені води. Завдяки впливу струменів води забезпечується змивання шкірки з поверхні бульб, а також здійснюється змивання залишків шкірки з робочої камери.

Очищені бульби вивантажуються з робочої камери барабана через дверцята для розвантаження 13. Процес доочищення, який необхідний під час застосування апаратів з абразивними робочими органами, у даному випадку мінімізується.

**Висновки.** Розроблений апарат дає змогу здійснювати процес очищення бульб топінамбура різної форми та розмірів. Загалом процес очищення стає менш трудомістким за рахунок того, що немає необхідності у попередньому калібруванні сировини, а процес доочищення мінімізується. Крім цього, використання апарата дозволяє суттєво покращити якість очищення бульб топінамбура та зменшити втрати сировини.

#### Список літератури / References

1. Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., Pellegrini, N. (2008). Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, pp. 139–147.
2. Tereshkin, O., Horielkov, D., Dmitrevskiy, D., Chervonyi, V. (2016). Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, № 11 (84), pp. 30–39. Doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
3. Caldwell, E., Kobayashi, M., Dubow W., Wytinck, S. (2008). Perceived access to fruits and vegetables associated with increased consumption. *Public Health Nutrition*, vol. 6, iss. 10, pp. 1743–1750. doi: 10.1017/S1368980008004308.
4. Slavin, J., Lloyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Journal: Advances in Nutrition*, vol. 3, iss. 4, pp. 506–516.
5. Baselice, A., Colantuoni, F., Lass, D., Nardone, G., Stasi, A. (2017). Trends in EU consumers' attitude towards fresh-cut fruit and vegetables. *Food Quality and Preference*, no. 59, pp. 87–96. doi:10.1016/j.foodqual.2017.01.008.
6. Deynichenko, G., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Melnik, O. (2017). Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. vol. 3, no. 11 (87), pp. 52–60. Doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.

**Цель** — разработка аппарата для реализации комбинированного процесса очистки клубней топінамбура, а также освещение преимуществ его использования.

**Методы.** Проведен анализ качественных показателей сырья. Доказана необходимость сохранения витаминного и минерального состава клубней топінамбура при переработке.

Приведен анализ основных способов осуществления процесса очистки овощного сырья, а также проанализированы их основные преимущества и недостатки. Разработана конструкция аппарата для комбинированной очистки клубней топинамбура. Представлено детальное описание конструкции аппарата. Выявлены основные преимущества использования разработанного аппарата.

**Результаты.** Проведены исследования влияния параметров термической обработки и продолжительности процесса очистки на поверхностный слой. Установлено влияние давления пара и продолжительности тепловой обработки на поверхностный слой клубней топинамбура. Продолжительность процесса механической доочистки находится в диапазоне 30...110 с. К параметрам, которые влияют на потери сырья, относятся: глубина термической обработки поверхностного слоя клубней топинамбура, срок хранения топинамбура, а также длительность проведения процесса механической доочистки. С целью реализации комбинированного процесса очистки был разработан аппарат для очистки овощного сырья, принцип действия которого основан на сочетании парового и механического процессов очистки. Процесс термической обработки овощей паром давления и процесс его механической доочистки происходят в одной рабочей камере, что значительно упрощает процесс очистки и сокращает время проведения. Применение аппарата для комбинированного способа очистки овощей значительно уменьшает материал- и энергоёмкость оборудования, снижает процент потерь сырья, а также улучшает качественные показатели очистки. Аппарат обеспечивает более высокое качество очистки по сравнению с аппаратами, которые сегодня применяются на предприятиях ресторанной индустрии и малых перерабатывающих предприятиях.

**Ключевые слова:** топинамбур, аппарат для комбинированной очистки, тепловая обработка, механическая обработка, качество очистки, процент потерь сырья.

**Objective.** The objective of the article is to develop an apparatus for implementing the combined process of cleaning Jerusalem artichoke tubers, as well as highlighting the advantages of its use

**Methods.** The analysis of qualitative indicators of raw materials is carried out. The necessity of preserving the vitamin and mineral content of Jerusalem artichoke tubers during processing is proved. The analysis of the basic methods of realization of process of cleaning of vegetable raw materials is given, and also their main advantages and disadvantages are analyzed. The design of the device for the combined cleaning of Jerusalem artichoke tubers has been developed. A detailed description of the machine design is presented. The main advantages of using the developed machine are identified.

**Results.** Investigations were made of the influence of heat treatment parameters and the duration of the cleaning process on the surface layer. The effect of steam pressure and the duration of heat treatment on the surface layer of Jerusalem artichoke tubers is established. The duration of the mechanical post-treatment process is in the range of 30–110 s. The parameters that affect the loss of raw materials include: the depth of heat treatment of the surface layer of Jerusalem artichoke tubers, the shelf life of Jerusalem artichoke, as well as the duration of the mechanical post-treatment process. In order to implement a combined cleaning process, an apparatus for cleaning vegetable raw materials was developed. The principle of operation of which is based on a combination of steam and mechanical cleaning processes. The process of heat treatment of vegetables with a pair of pressure and the process of mechanical post-treatment take place in one working chamber, which greatly simplifies the cleaning process and reduces the time it takes. The use of the apparatus for the combined method of cleaning vegetables significantly reduces the material and energy intensity of the equipment, reduces the percentage of losses of raw materials, and also improves the quality of cleaning. The device provides a higher quality of cleaning compared to devices that are currently used in the restaurant industry and small processing plants.

**Key words:** Jerusalem artichoke, combined peeling machine, heat treatment, mechanical treatment, quality of peeling, percentage of loss of raw materials.

*Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Копайгора О. К., асистент<sup>1</sup>*

*Коренець Ю. М., старший викладач<sup>1</sup>*

*Пасека Р. П., магістрант<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua

### АВТОМАТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ М'ЯСА ПТИЦІ

UDC 681.51

*Khorolskyi V. P., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

*Kopayhora O. K., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Korenets Yu. M., Senior Lecturer<sup>1</sup>*

*Paseka R. P., Master's Degree<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua

### AUTOMATED PRODUCTION LINE FOR POULTRY MEAT PROCESSING PRODUCTS

**Мета** — полішити споживчі характеристики продуктів переробки м'яса курчат-бройлерів за рахунок коригування властивостей сировини за сигналами системи оцінювання якості продукції та інтенсифікації процесів виробництва на основі застосування ефектів ультразвукових коливань і розроблення робототехнологічних безлюдних виробництв.

**Методи.** Описано аналітичні, теоретичні та експериментальні методи досліджень із використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні та оригінальні методики дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики, кореляційного аналізу та комп'ютерних технологій.

**Результати.** Розроблено автоматизовану систему управління процесом перероблення м'яса курчат-бройлерів з робототехнологічними пристроями, які забезпечують виконання технологічних операцій: захоплення курча-бройлера, позиціонування, візуалізації та виконання процесів різання. З метою підвищення споживчих якостей м'яса птиці розроблено технологію взаємодії ультразвукових впливів на м'ясо птиці, оцінки його якості за допомогою нейромережових систем. Запропонована технологія виробництва натуральних напівфабрикатів з м'яса курчат-бройлерів на основі застосування ефектів кавітації дозволяє значно підвищити якість продукції за рахунок збільшення вологоутримувальної здатності на 7 %, збільшення виходу продукту на 5 %, поліпшення органолептичних показників та створення базових умов для гідратації білків в умовах інформаційної невизначеності якості сировини, зниження фосфатовмісних препаратів у складі комплексних добавок і, як наслідок, підвищення екологічності продукту для кінцевого споживача.

**Ключові слова:** інтелектуальна система, автоматизація, автоматизовані робочі місця, робототехнологічний пристрій, ультразвукові коливання, якість, оцінка, нейромережева система.

**Постановка проблеми.** З точки зору фізіології харчування м'ясо птиці є дуже важливим джерелом білка в раціоні як здорових, так і хворих людей.

Технологія виробництва бройлерів, яких сьогодні вирощують до 38–42 днів, дозволяє отримувати дуже соковите, м'яке, високопоживне м'ясо [1].

За кількістю ненасичених жирних кислот і низьким рівнем насиченого жиру м'ясо птахів стоїть попереду свинини і яловичини з дієтичної точки зору [2]. Саме тому темпи

зростання споживання м'яса птиці в розвинених країнах вище, ніж для інших типів м'яса. Сьогодні м'ясо птиці за споживанням на душу населення в більшості країн світу посідає друге місце після свинини і, можливо, в найближчому майбутньому воно займе перше [3].

Світове виробництво м'яса бройлерів до 2018 р. досягло 80 млн т зі щорічним зростанням виробництва приблизно на 2 %.

У 2018 р. виробництво м'яса бройлерів у США становило 16,56 млн т, у Китаї — 12,65 млн т, у Бразилії — 10,89 млн т. У Європейському Союзі виробили 8,4 млн т такого м'яса, у той час як в Україні — 570 тис. т.

Птахівництво на сьогодні є однією з найважливіших і найбільш ефективних галузей сільського господарства в Україні. Воно покликане забезпечити населення такими продуктами харчування, як яйця й м'ясо птиці, які характеризуються високим вмістом повноцінного білка тваринного походження.

Разом із тим, частка м'яса птиці в споживчому балансі в Україні становить менше 30 %, тоді як у розвинених країнах — показник сягає понад 50 %. Постійно зростаючий попит на м'ясо птиці пояснюється як їх споживчими властивостями, так і низьким рівнем споживчих цін порівняно з іншими видами продукції тваринництва [4].

Нині український ринок м'яса птиці перебуває в стадії динамічного розвитку, що, в першу чергу, зумовлено високою рентабельністю даного виробництва. На державному рівні діють програма розвитку АПК, а також цільова програма розвитку птахівництва в регіоні на період до 2030 р.

Вирішення проблем підвищення продуктивності виробництва м'яса курчат-бройлерів, упровадження стандартів НАССР у вітчизняній харчовій промисловості, досягнення та збереження оптимальної якості продукції за умови збереження навколишнього середовища неможливе без пошуку нових способів та методів управління сучасним виробництвом [5]. Підвищити точність технологічного процесу, забезпечити високі стандарти санітарії та гігієни можна за рахунок впровадження автоматизованих систем управління з використанням робототехнологічних комплексів, що передбачає мінімізацію людського втручання у виробничі процеси та стабільний регулярний контроль якості на всіх етапах виробництва.

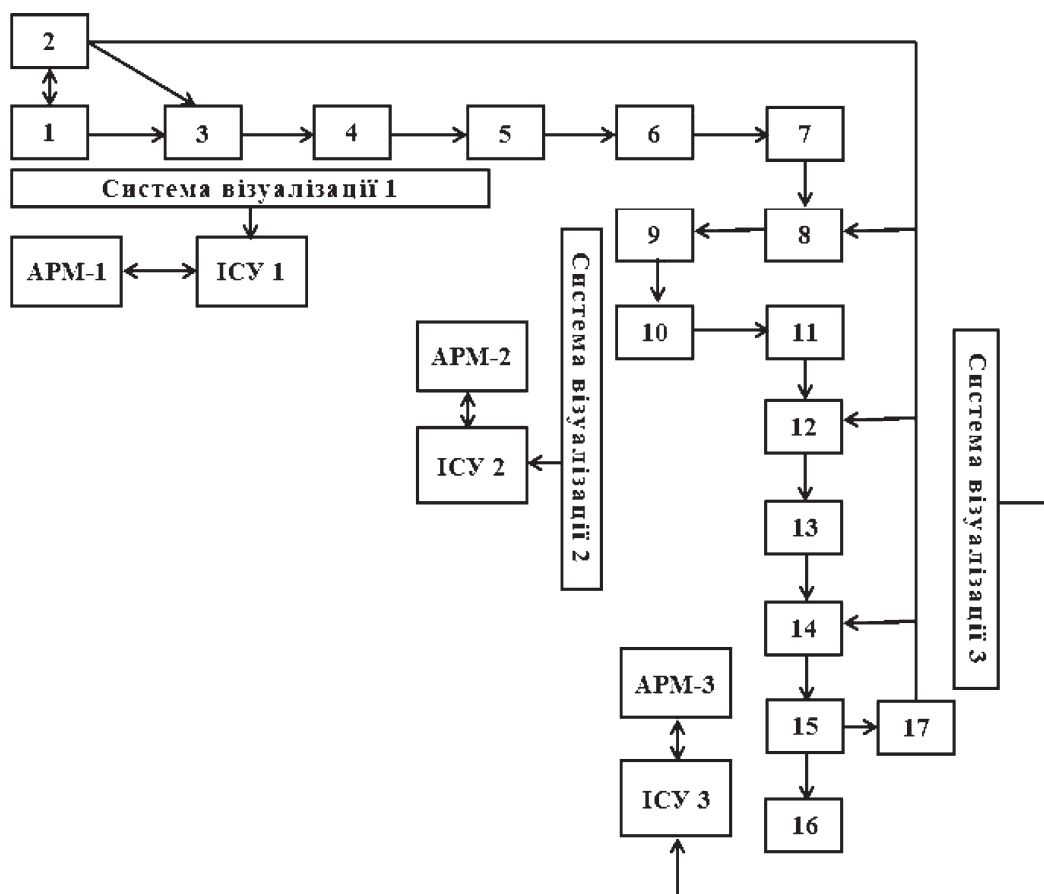
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Велику увагу дослідженню якісних характеристик продуктів харчування, зокрема продуктів переробки м'яса птиці (ППМП), приділено в роботах Г. В. Дейниченка, Г. М. Постнова В. І., В. А. Ганоцького, А. І. Жаринова, І. Е. Стефанової, А. Sams, Н. Hedrick, J. Kinsella та ін. Автори зробили великий внесок у розвиток фундаментальних основ технології виробництва м'ясних продуктів з орієнтацією на світові стандарти якості, а також формування їх споживчих властивостей.

Розроблення інноваційних підходів у технології продуктів переробки м'яса курчат-бройлерів (ППМКБ), спрямованих на ресурсозбереження, імпортозаміщення, інтенсифікацію виробничих процесів і поліпшення споживчих властивостей готових продуктів тісно пов'язане з розробленням технологічного обладнання. Воно включає різні напрями, серед яких виділені: сучасні електрофізичні способи, зокрема ультразвукові (кавітаційні), а також робототехнологічні комплекси переробки м'яса птиці.

**Мета статті** — поліпшити споживчі властивості продуктів переробки м'яса курчат-бройлерів за рахунок коригування властивостей сировини та інтенсифікації процесів виробництва на основі застосування ефектів УЗВ та розроблення робототехнологічних безлюдних виробництв.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Весь технологічний процес щодо переробки тушок курчат бройлерів ґрунтується на виконанні певної послідовності операцій, включено з прийманням, доставкою, первинним оброблянням, тобто забоєм птиці й обробленням тушок, потрошінням, сортуванням та упакуванням. На рис. 1 показано автоматизовану поточно-механізовану лінію щодо переробки м'яса птиці.

Технологічна лінія включає автоматизовані робочі місця операторів: АРМ 1, АРМ 2, АРМ 3 та інтелектуальну систему управління з програмними продуктами, системами візуалізації, датчиків положення, продуктивності та виконавчих механізмів. До складу ав-



**Рисунок 1** — Автоматизована технологічна лінія переробки м'яса птиці

томатизованої технологічної лінії продуктів переробки м'яса птиці належать: 1 — транспортер подавання птиці; 2 — конвеєр забою; 3 — апарат електрооглушення УАЕГ-1; 4 — машина забою птиці В2-ФЦ-2Л-6 / 4-01; 5 — жолоб знекровлення Е-313; 6 — ванна універсального апарату К7-УЗКЦЛ для ультразвукового оброблення, які контролюються за допомогою АРМ 1; 7 — дисковий автомат для видалення хвостового оперення К7-ФЦЛ-7; 8 — дисковий автомат для видалення оперення К7-ФЦЛ-7; 9 — машина відділення голів Е-315; 10 — транспортер розбору потрухів; 11 — комплект механізмів для оброблення м'язових шлунків: машина оброблення шлунків; машина очищення шлунків; шнек мийки шлунків; машина зняття кутикули, які контролюються за допомогою АРМ 2; 12 — машина відділення шиї Я6-ФРШ-01; 13 — душуючий пристрій; 14 — машина відділення ніг Е-31; 15 — знімач відрізаних ніг з підвісок; 16 — машина очищення відрізаних ніг; 17 — пристрій санітарного оброблення підвісок конвеєра. Такі технологічні операції контролюються за допомогою системи візуалізації 3 — АРМ 3.

Первинне переробляння курчат-бройлерів на автоматизованій технологічній лінії (АТЛ) складається з таких послідовно виконуваних операцій: навішування птиці за допомогою робототехнологічного пристрою на конвеєр; електрооглушення в універсальних апаратах УАЕГ-1 (сила струму 25 мА, напруга 550 В, час — 15 с); забій і знекровлення курчат-бройлерів на технологічні цілі впродовж 90 с; теплове та ультразвукове оброблення тушок виконується за температури 52–55 °С, упродовж 120 с в універсальному апараті К7-УЗКВЦЛ; видалення пір'я (обскубування) з тушок на дискових апаратах (роботах-автоматах) за температури води 45–56 °С; потрошіння тушок; відрізання шиї і голови, відрізання ніг за допомогою робототехнологічного пристрою; охолодження м'яса птиці; сортування і упакування виконується також за допомогою автоматів з пультів АРМ3.

Промислова переробка курчат-бройлерів здійснюється шляхом використання автоматизованої технологічної лінії (АТЛ) з системами та алгоритмами інтелектуального управління, розробленими спеціалістами ДонНУЕТ [6]. У нашій роботі запропоновано

лінію переробки курей і курчат-бройлерів продуктивністю 500 тушок за годину. Лінія комплектується одним конвеєром, що проходить через ділянки забою і потрошіння.

Принцип роботи потокової лінії зображено на рис. 1. На лінію сировина (кури, курчата, курчата-бройлери) надходить у транспортній тарі, ящиках або контейнерах. З транспортної тари вони вивантажуються на транспортер 1 за допомогою робототехнологічного пристрою. Потім курчата-бройлери переміщуються за технологічними операціями за допомогою просторового підвісного конвеєра 2. Робот бере курча за ноги з транспортера подавання 1 і закріплює його в підвісках конвеєра 2. Конвеєр переміщає курчат-бройлерів на першу технологічну операцію — електрооглушення.

У апараті електрооглушення 3 під дією електричного струму курча знерухоплює. Знерухоплення бройлера потрібне для подальших операцій — забою і знекровлення. Вийшовши з апарату електрооглушення 3, птиця потрапляє в автомат-машину забою 4, де дискові ножі здійснюють надріз яремної і сонної артерій. З машини забою 3 курча-бройлер переміщується в жолоб знекровлення 5. За час проходження над жолобом кров стікає з курча в жолоб, а з нього — в накопичувальну ємність. Після проходження жолоба знекровлення надалі м'ясо птиці потрапляє у ванну теплового оброблення 6. Ультразвукове й кавітаційно-теплове оброблення птиці потрібні для покращання якості продукту. Пройшовши кавітаційно-теплове оброблення, птиця проходить через машину зняття хвостового оперення 7. Оскільки у курей утримання хвостового оперення вище, ніж у курчат-бройлерів, необхідно для його видалення докладати великих зусиль, що і відбувається на машині зняття хвостового оперення. З цією метою птиця потрапляє в машину-робот зняття оперення 8. У ній перо знімається гумовими пальцями, встановленими в роторних дисках, які обертаються один назустріч одному. Зняте перо змивається теплою водою, що подається в машину. Перо потрапляє або в гідрожолоб, або в накопичувач, звідки транспортується в цех утилізації. Після виходу тушки з машини зняття оперення оператор з АРМ 1 перевіряє якість зняття оперення і за необхідності здійснює доощипування птиці.

Після зняття оперення тушки проходять через машину відділення голови 9. Тут надрізана голова відділяється від ший, одночасно з головою відділяється і трахея. Після цього тушки спрямовуються на ділянку потрошіння. Потрошіння виконується над транспортером розбирання потрухів 10. Робототехнологічний пристрій розкриває тушку і витягує нутрощі за допомогою спеціального автоматизованого інструменту та сенсорів візуалізації (рис. 2).

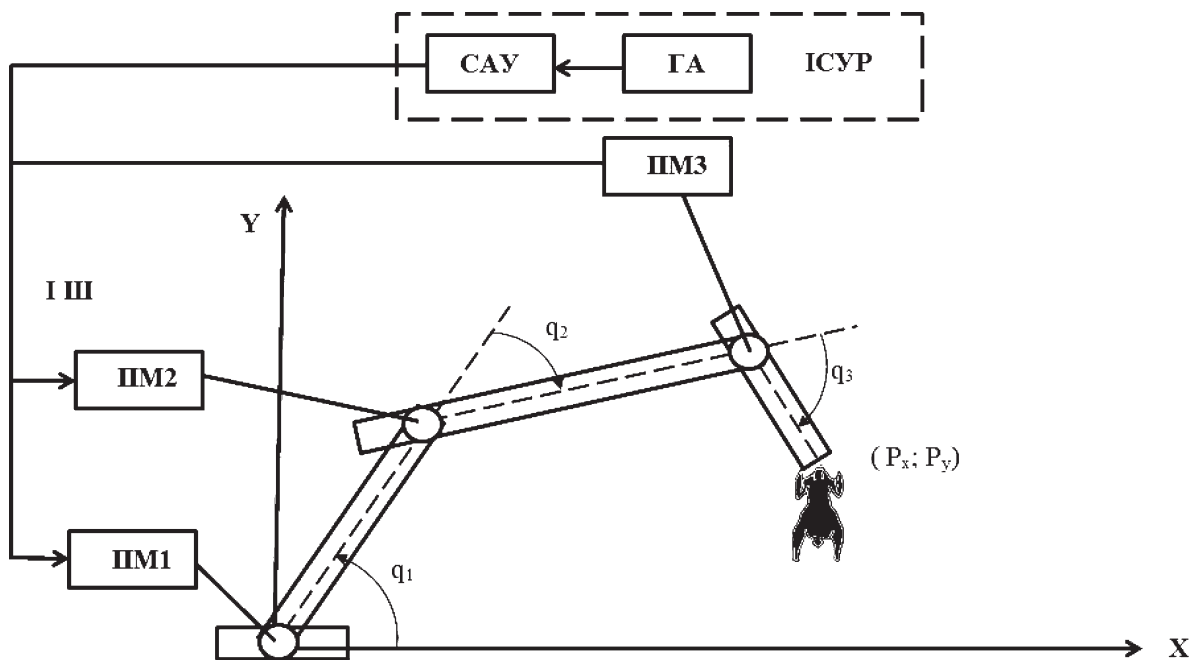


Рисунок 2 — Загальний вигляд робототехнологічного комплексу захоплення та переміщення курчат-бройлерів



Автоматично проводиться ветеринарний огляд тушки і витягнутих потрухів, після чого відділяють серце, печінку, вирізують клоаку і увесь пакет зі шлунком і кишківником кладуть на транспортерну стрічку. Транспортерна стрічка переміщає пакет зі шлунком і кишківником у комплект оброблення м'язових шлунків 11, що складається з машини відділення, розрізання і миття шлунків, машини очищення шлунків, шнека миття і машини для зняття кутикули. Цей технологічний процес обслуговує один робот-оператор АРМ 2.

Після операції потрошіння тушки птиця проходить через машину відділення шиї 12. У ній шия перетискується по другому шийному хребцю і виштовхується зі шкіри. Після проведення усіх технологічних операцій здійснюється перевірка якості потрошіння, і потім тушки спрямовуються в душуючий пристрій 13 для обмивання зовні й усередині. Проїшовши душуючий пристрій, тушки потрапляють у машину відрізання ніг 14.

Ноги відрізуються по суглобу, а тушки падають на технологічний стіл. З технологічного столу тушки переважають на конвеєр охолодження. Птахи, що залишилися в підвісках ноги, виймаються знімачем відрізаних ніг 15. Вийняті з підвісок ноги по склизу падають у приймальну горловину машини очищення відрізаних ніг 16. На вході в неї подається гаряча, а на виході з машини — холодна вода. Гаряча вода потрібна для нагрівання ніг і відведення епідермісу, що знімається, а холодна вода — для охолодження очищених ніг. Завершальна технологічна операція на конвеєрі — це санітарне оброблення підвісок і конвеєра. Вона здійснюється шляхом саноброблення — операція 17. Далі конвеєр приходить на ділянку навішування за допомогою робота нової партії курчат-бройлерів.

Завданням робототехнологічних комплексів з системами захоплення, різання, потрошіння курчат-бройлерів є позиціонування пристрою захоплення (різання) в заданій точці  $(P_x, P_y)$ . Це виконується пристроями положення з'єднання маніпулятора  $q_1, q_2$  та  $q_3$ , які приводяться приводами ПМ 1, ПМ 2, ПМ 3. Рівняння зв'язку положень з'єднання і пристроїв захоплення має вигляд:

$$\begin{cases} p_x = l_1 * \cos(q_1) + l_2 * \cos(q_1 + q_2) + l_3 * \cos(q_1 + q_2 + q_3) ; \\ p_y = l_1 * \sin(q_1) + l_2 * \sin(q_1 + q_2) + l_3 * \sin(q_1 + q_2 + q_3) \end{cases}$$

Ці рівняння занесені в пам'ять МП, у якій від сенсорів надходять сигнали положень з'єднань маніпуляторів  $q_1, q_2, q_3$  за відомих координат простору  $(P_x, P_y)$ . Управління траєкторією руху пристрою захоплення маніпулятора виконано за допомогою інтелектуальної системи управління роботом (ІСУР) та генетичного алгоритму (ГА), до складу яких входять регулятор, системи сенсорів, мережі зворотного зв'язку та алгоритми розпізнавання положення виконавчих механізмів. Таким чином, за допомогою робототехнологічних комплексів збільшується продуктивність автоматизованої технологічної лінії переробки м'яса курчат-бройлерів, а оптимізація технологічних операцій за допомогою АРМ 1, АРМ 2, АРМ 3 з інтелектуальними системами управління й візуалізації скоротила штат робітників.

У середньому в штат входять п'ять операторів АРМ; на ділянках потрошіння тушок і їх упакування та одна людина — адміністратор зміни. Разом — шість співробітників. Вдосконалення та оптимізація функціонування потокової лінії полягає в її правильній комплектації, від чого залежать продуктивність і кількість обслуговуючого персоналу. Основну роль під час оцінювання якості м'яса відіграють такі показники: вміст компонентів, які використовуються організмом для біологічного синтезу і покриття енергетичних витрат; органолептичні характеристики (зовнішній вигляд, запах, колір, консистенція); відсутність токсичних речовин і патогенних мікроорганізмів.

Показники якості м'яса залежать від складу і властивостей початкової сировини, режимів технологічного оброблення і зберігання. Об'єктивна й усебічна оцінка вказаних залежностей є необхідною основою для виявлення чинників, що впливають на якість продукції. Обов'язкові умови випуску продукції високої якості — правильний підбір сировини, суворе дотримання режимних параметрів на всіх стадіях технологічного процесу виробництва і зберігання, санітарно-гігієнічних норм, контроль дозування хімічних до-

мішок, а також ветеринарно-санітарна експертиза. Важливими умовами випуску харчової продукції високої якості є подальше вдосконалення методів його контролю, суворе дотримання технологічної дисципліни, усебічний аналіз причин зниження рівня якості або появи браку. В результаті проведених досліджень авторами статті запропоновано варіант докомплектації АТЛ системою контролю якості продукції за допомогою нейромережевих систем [5]. На рис. 3 наведено нейромережеву систему розпізнавання якості м'яса птиці на ділянках АРМ 1, АРМ 2, АРМ 3.

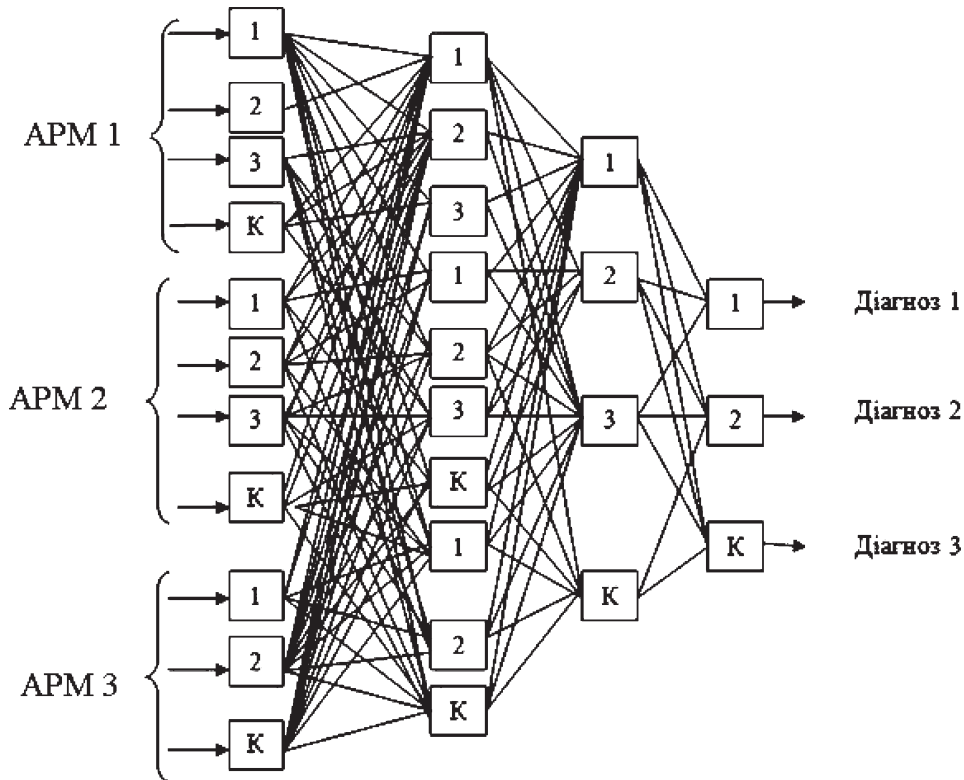


Рисунок 3 — Оцінка якості продукції м'яса птиці

Вхідні сигнали від датчиків якості, встановлених у технологічних апаратах 7–10, надходять у нейромережеву систему 1, 2, 3,... К, у результаті чого виконується оцінювання якості птиці (діагноз 1,2). За допомогою параметрів 1, 2, 3 та параметрів К оцінюється якість птиці в цілому (діагноз 3).

Зберігають м'ясо в окремих холодильних камерах, а для збільшення терміну зберігання виробу заморожують. З метою підвищення якості птиці, м'яса курчат-бойлерів (МКБ) запропоновано систему вбудованих робототехнологічних кавітаційних пристроїв.

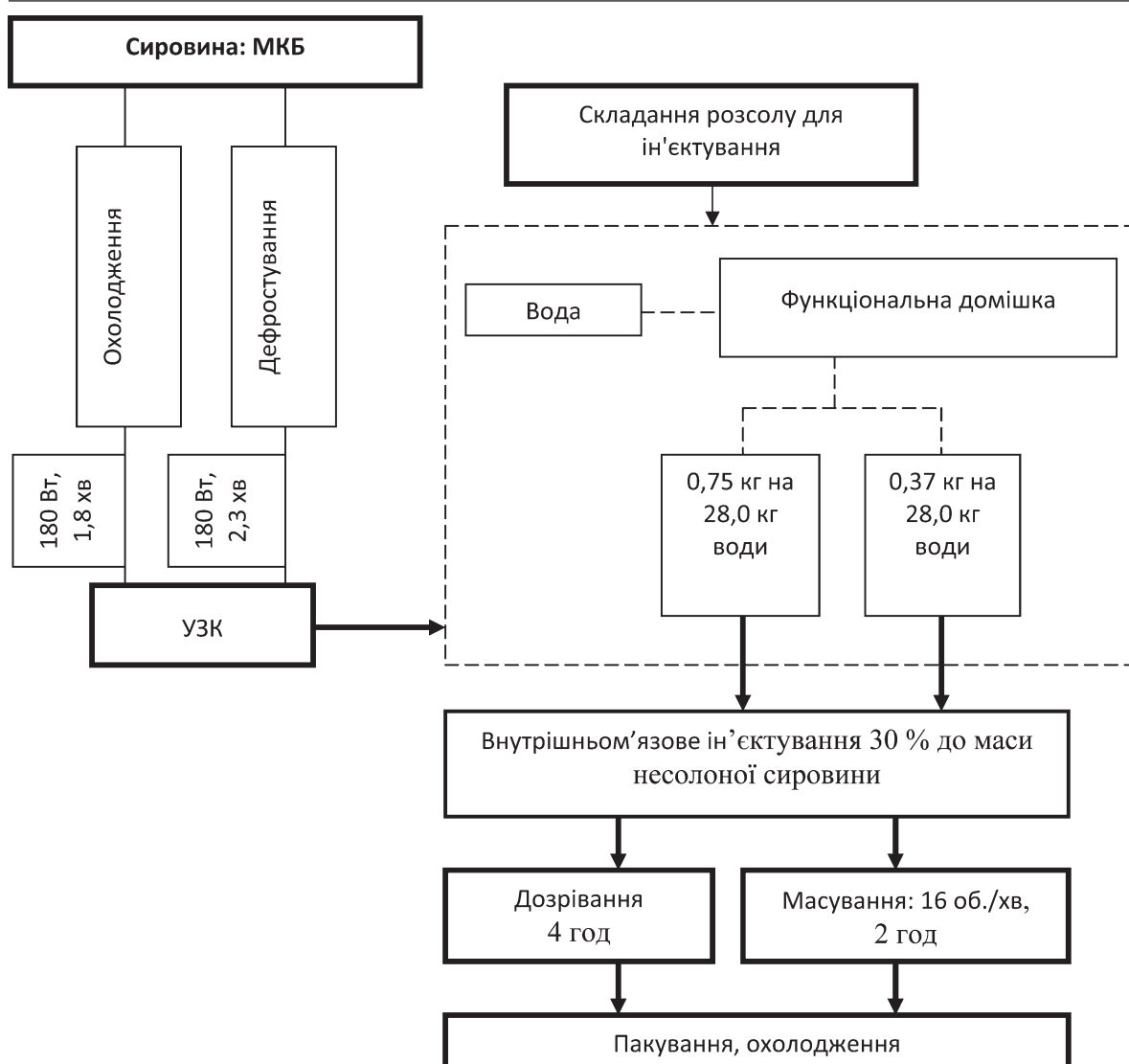
Модифікацію технології виробництва натуральних напівфабрикатів МКБ з використанням активованих рідких середовищ на основі ефектів кавітації можна представити у вигляді технологічного процесу, схему якого подано на рис. 4.

**Висновки.** Розроблено систему автоматизованого управління технологічної лінії переробки м'яса курчат-бройлерів, у якій використані системи автоматизованих робочих місць та нейромережеві системи оцінювання якості продукції.

Запропоновано технологію виробництва натуральних напівфабрикатів з м'яса курчат-бройлерів на основі застосування ефектів кавітації, що дозволяє значно підвищити якість продукції за рахунок:

- поліпшення функціонально-технологічних властивостей (збільшення водоутримувальної здатності в середньому на 7%), збільшення виходу продукту на 5%, поліпшення органолептичних показників та створення базових умов для гідратації білків в умовах інформаційної невизначеності якості сировини;

- зниження фосфатовмісних препаратів у складі комплексних домішок і, як наслідок, підвищення екологічності продукту для кінцевого споживача.



**Рисунок 4** — Принципова технологічна схема підготовки рідких харчових середовищ для виробництва натуральних напівфабрикатів з МКБ

#### Список літератури/ References

1. Фисинин В. И., Лукашенко В. С., Салеева И. П., Чернуха И. М., Волик В. Г., Исмаилова Д. Ю., Овсейчик Е. А., Журавчук Е. В. Качество мяса бройлеров при различных способах выращивания. *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № 5. С. 77–84. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10056.

Fisinin, V. I., Lukashenko, V. S., Saleyeva, I. P., Chernukha, I. M., Volik, V. G., Ismailova, D. Yu., Ovseychik, E. A., Zhuravchuk, E. V. (2018). *Kachestvo myasa broylerov pri razlichnyih sposobah vyirashivaniya* [Meat quality in broilers reared in different housing systems]. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition], no. 87 (5), pp. 77–84. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10056.

2. Буяров В. С., Гудыменко В. И., Буяров А. В., Ноздрин А. Е. Эффективность инновационных технологий промышленного производства мяса бройлеров. *Вестник ОрелГАУ*, 2017, 2 (65), С. 36–47. doi:10.15217/48484.

Buyarov, V. S., Gudymenko, V. I., Buyarov, A. V., Nozdrin, A. E. (2017). *Effektivnost innovatsionnykh tehnologiy promyshlennogo proizvodstva myasa broylerov* [Efficiency of innovative technologies of broiler meat industrial production]. *Vestnik OrelGAU* [Herald OrelSAU], no. 2 (65), С. 36–47. doi:10.15217/48484.

3. Bogosavlyevic-Boskovic, S., Rakonjac, S., Doskovic V., Petrovic, M. D. (2012). Broiler rearing systems: a review of major fattening results and meat quality traits. *World's Poultry Science Journal*, vol. 68, no. 2, pp. 217–228.

4. Czarick M., Van Wicklena G. (2009). 15 cost-saving ideas for poultry housing. *Poultry International*, vol. 48, no. 4, pp. 18–20.

5. Дейниченко Г. В., Простаков О. О., Дуб В. В. Вдосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування: монографія. Харків, 2003. 349 с.

Deinychenko, H. V., Prostakov, O. O., Dub, V. V. (2003). *Improving meat processing in food enterprises* [Vdoskonalennia protsesiv pererobky miasnoi syrovyny v pidpriemstvakh kharchuvannia]. Kharkiv, 349 p.

6. Хорольський В. П. Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу : монографія. Дніпропетровськ, 2008. 448 с.

Khorolskyi, V. P. (2008). *Intehrovane intelektualne upravlinnia tekhnolohichnyu protsesamy v ekonomichnykh systemakh korporatyvnykh pidpriemstv hirnycho-metalurhiinoho kompleksu* [Integrated intellectual management of technological processes in economic systems of corporate enterprises of the mining and metallurgical complex]. Dnipropetrovsk, 448 p.

**Цель** — улучшить потребительские характеристики продуктов переработки мяса цыплят-бройлеров (ППМЦБ) за счет корректировки свойств сырья по сигналам системы оценки качества продукции и интенсификации процессов производства на основе применения эффектов ультразвуковых колебаний и разработки робототехнологических безлюдных производств.

**Методы.** Описываются аналитические, теоретические и экспериментальные методы исследований с использованием контрольно-измерительной аппаратуры соответствующей точности, стандартные и оригинальные методики исследования пищевого сырья, современные методы математической статистики, корреляционного анализа и компьютерных технологий.

**Результаты.** Разработана автоматизированная система управления процессом переработки мяса цыплят бройлеров с робототехнологическими устройствами, обеспечивающими выполнение технологических операций: захват цыпленка, позиционирование, визуализация и выполнение процессов резания. С целью повышения потребительских качеств мяса птицы разработана технология взаимодействия ультразвуковых воздействий на мясо птицы, оценки его качества с помощью нейросетевых систем. Предложенная технология производства натуральных полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров на основе применения эффектов кавитации позволяет значительно повысить качество продукции за счет увеличения влагудерживающей способности на 7 %, увеличения выхода продукта на 5 %, улучшения органолептических показателей и создания базовых условий для гидратации белков в условиях информационной неопределенности качества сырья, снижения фосфатосодержащих препаратов в составе комплексных добавок и, как следствие, повышения экологичности конечного продукта для потребителя.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, автоматизация, автоматизированные рабочие места, робототехнологические устройства, ультразвуковые колебания, качество, оценка, нейросетевая система.

**Objective.** The purpose of the article is to improve the consumer characteristics of broiler chicken meat processing products (PPMCB) by adjusting the properties of raw materials according to the signals of the product quality assessment system and the intensification of production processes based on the application of the effects of ultrasonic vibrations and the development of unmanned robot technology.

**Methods.** Analytical, theoretical and experimental research methods using instrumentation of appropriate accuracy, standard and original methods of researching food raw materials, modern methods of mathematical statistics, correlation analysis and computer technology are described.

**Results.** An automated control system has been developed for the processing of broiler chicken meat with robot-technological devices providing technological operations: chicken capture, positioning, visualization and cutting processes. In order to improve the consumer qualities of poultry meat,

*a technology has been developed for the interaction of ultrasonic effects on poultry meat, assessing its quality using neural network systems. The proposed technology for the production of natural semi-finished products from broiler meat based on the application of cavitation effects can significantly improve product quality by increasing the water-holding ability by 7 %, increasing the product yield by 5 %, improving organoleptic characteristics and creating basic conditions for protein hydration under conditions of information uncertainty the quality of raw materials, reducing phosphate-containing drugs as part of complex additives and, as a result, improving environmental friendliness of course th product for the consumer.*

**Key words:** *intelligent system, automation, workstations, robotic devices, ultrasonic vibrations, quality, evaluation, neural network system.*

## ЗМІСТ

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<i>Сімакова О. О., Назаренко І. А., Горяйнова Ю. А., Попова С. Ю., Адамчук С. І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ХЛІБОПЕКАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА.....	5
<i>Слащева А. В., Попова С. Ю., Пусікова О. А., Боднарчук О. А.</i> ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СОЛОДКИХ СТРАВ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ ШКОЛЯРІВ .....	12

### ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

<i>Гніцевич В. А., Гончар Ю. М., Євдомах Т. І.</i> СТРУКТУРОУТВОРЮВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ЗГУЩЕНОЇ НИЗЬКОЛАКТОЗНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ.....	20
<i>Юдіна Т. І., Назаренко І. А., Сімакова О. О., Боднарчук О. А.</i> ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОДЕРЖАННЯ ПЮРЕ ГАРБУЗА.....	28

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

<i>Янаков В. П., Возняк А. В., Ланже О.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕОРІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА ПІД ЧАС ВИКЛАДАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН.....	36
<i>Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л., Гейер Г. В.</i> СТРУКТУРНА СХЕМА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК.....	43
<i>Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Омельченко О. В., Абрамова О. В.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ КОНЦЕНТРУВАННЯ НЕЖИРНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ .....	48

### РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Дмитревський Д. В., Гавриленко С. В., Гейер Г. В., Перекрест В. В.</i> ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ .....	55
<i>Хорольський В. П., Копайгора О. К., Коренець Ю. М., Пасека Р. П.</i> АВТОМАТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ М'ЯСА ПТИЦІ .....	61

# CONTENT

## MODERN TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

<i>Simakova O. A., Nazarenko I. A., Goryaynova Yu. A., Popova S. Yu., Adamchuk S. I.</i>	
STUDY OF THE INFLUENCE OF DRINKING WATER QUALITY ON BAKERY PROPERTIES OF WHEAT FLOUR .....	5
<i>Slashcheva A. V., Popova S. Yu., Pusikova O. A., Bodnaruk O. A.</i>	
THE TECHNOLOGY OF VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCT FOR SWEET DISHES FOR FUNCTIONAL FEEDING OF PUPILS .....	12

## CHEMICAL, PHYSICAL, MATHEMATICAL METHODS OF QUALITY RESEARCH OF FOOD PRODUCTS

<i>Hnitsevykh V., Honchar Y., Yevdomakha T.</i>	
THE STRUCTURE-FORMING PROPERTIES OF SEMI-PRODUCT ON THE BASIS OF CONCENTRATED LOW LACTOS MILK WHEY.....	20
<i>Yudina T. I., Nazarenko I. A., Simakova O. O., Bodnaruk O. A.</i>	
TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR OBTAINING PUMPKIN PUREE .....	28

## IMPROVEMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

<i>Yanakov V. P., Vozniak A. V., Lange O.</i>	
IMPROVEMENT OF THE DOUGH PREPARATION THEORY IN TEACHING SPECIAL DISCIPLINES .....	36
<i>Tsvirkun L. A., Tsvirkun S. L., Heïier H. V.</i>	
BLOCK DIAGRAM OF AN ADAPTIVE ENERGY-EFFICIENT MANAGEMENT SYSTEM IN TERMS OF APPLE SORTING PROCESS .....	43
<i>Deynichenko G. V., Guzenko V. V., Omelchenko O. V., Abramova O. V.</i>	
MATHEMATICAL MODELING OF MEMBRANE PROCESSES OF CONCENTRATION OF LOW-FAT DAIRY RAW MATERIALS .....	48

## DEVELOPMENT OF A PROGRESSIVE HIGH-EFFICIENT FOOD INDUSTRY EQUIPMENT

<i>Dmytrevskiy D. V., Gavrylenko S. V., Heïier H. V., Perekrest V. V.</i>	
RATIONALE FOR THE DESIGN OF THE ROOT CROPS PEELING MACHINE.....	55
<i>Khorolskiy V. P., Kopayhora O. K., Korenets Yu. M., Paseka R. P.</i>	
AUTOMATED PRODUCTION LINE FOR POULTRY MEAT PROCESSING PRODUCTS .....	61

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

*Наукове видання*

**ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

**№ 2 (39) 2019**

*Тематичний збірник наукових праць*

*Українською та англійською мовами*

Підписано до друку 26.12.2019 р.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Гарнітура «Newton C». Друк — лазерний.  
Ум. друк. арк. 8,37. Обл.-вид. арк. 7,98.  
Наклад 150 прим. Зам. № \_\_\_\_.

---

ФОП Маринченко С. В.  
вул. Героїв АТО, 81-а, оф. 109,  
м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50086  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 030567 від 19.01.2007 р.  
тел. (067) 539-66-81