

**Міністерство освіти і науки України**



**ПРАЦІ**  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

**Випуск 21, том 1**

**Наукове фахове видання**  
**Технічні науки**

**Мелітополь – 2021 р.**

УДК [62+64+664+004](045)

Т 13

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев.- Мелітополь: ТДАТУ, 2021. - Вип. 21, т. 1.- 339 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 6 від 23.02.2021 року

Представлені результати досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, харчових технологій, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

**Реферативні бази:** Crossref, Google Scholar, eLibrary, AGRIS, «Україніка наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

**Головний редактор**

Кюрчев В. М. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Заступник головного редактора**

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Відповідальний секретар**

Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo – д.т.н., проф. (Болгарія)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Jose Italo Cortez - PhD (Mexico)

Нукешев Саяхат – д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М.А. – д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. – д.х.т.н. (Молдова).

Шингисов А. У. – д.т.н., проф. (Казахстан)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Гнатюшенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Леженкін О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. – д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Назаренко І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. – д.т.н., доц. (Україна)

Прісс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Соболь О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Тарасенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. – к.т.н., доц. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Лендел Т. І. – к.т.н., (Україна)

Лясковська С. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Строкань О. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н. (Україна)

Яковлев В. Ф. – к.т.н., проф. (Україна)



Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Самойчук К. О.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь Запорізька обл.  
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, 2021

*ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ*

УДК 631.563.4

DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-3-10

**METHODOLOGY OF CONDUCTING STUDIES OF JET MIXING OF LIQUIDS**

Samoichuk K., DScTech,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Viunyk O., assistant

ORCID: 0000-0002-6413-5567

*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*

Tel. (0619) 42-13-06

*Formulation of the problem.* The technological purpose of mixing liquids is diverse. This process is widely used in the food industry to intensify chemical, thermal and mass transfer processes, as well as for the preparation of emulsions, suspensions and solutions. In particular, in the manufacture of soft drinks the main technological process is the mixing of liquids - water with blended syrup and water with a concentrate based on sweeteners.

Development and introduction into production of mixers which will provide high-quality mixing of liquids at the minimum expenses of energy and time is relevant. Mixers must be economical, reliable, and easy to manufacture and maintain, have simple schemes of inclusion in various installations.

*Analysis of recent research and publications.* These days, the most studied is the process of jet mixing in the tank. Experimental studies have been performed for different designs of jet mixers and a large number of dependences have been identified [1 – 10], but these dependences are not universal and cannot be used for any jet mixer.

Jet collision is one of the effective methods of intensification of various processes. The axes of the jets can be located on the same line or at an angle to each other. The change in the angle between the oncoming jets affects the intensity of the heat and mass transfer processes and it is greatest at the meeting angle of the jets  $180^\circ$ . Currently, there is no single approach to assessing the effect of colliding jets. This can be explained by the variety of initial conditions for the flow of jets, collisions and the formation of the resulting jet.

This work is part of a series of articles devoted jet mixing liquid components. In previous articles, the method of mixing [11], the design of the mixing apparatus [12] (Fig. 1), the method of assessing the quality of mixing [13] were substantiated.

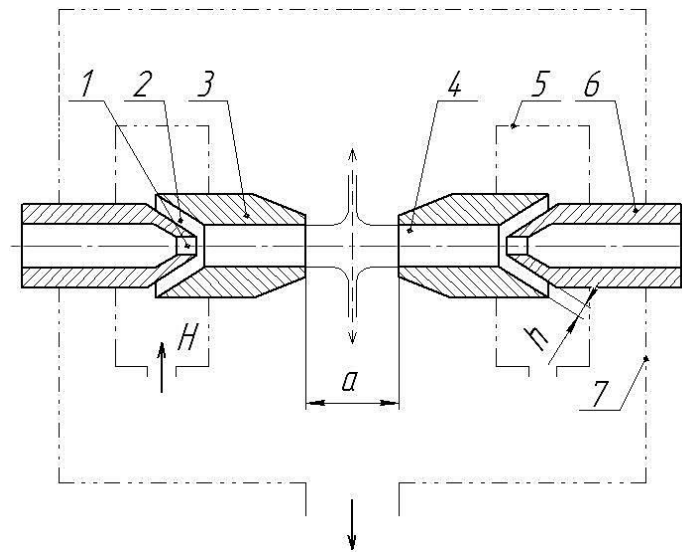
Based on the analysis of literature sources, the following factors were identified that affect the process of mixing liquid components in the

countercurrent-jet mixer:

– technological: water supply,  $Q$ ; water supply pressure,  $p_w$ ; feed pressure of the mixed component,  $H$ ;

– constructive: distance between nozzles of injectors,  $a$ ; nozzle diameter,  $d_n$ ; the diameter of the working nozzle of the mixing unit,  $d$ ; the value of the annular gap of the mixing unit,  $h$ ;

– physicochemical properties of mixed components: density of blended syrup  $\rho_s$ , concentrate  $\rho_k$ , water  $\rho_w$ ; temperature of syrup  $t_s^\circ$ , concentrate  $t_k^\circ$ , water  $t_w^\circ$ ; kinematic and dynamic viscosity of syrup, concentrate and water, respectively  $\mu_s, \nu_s, \mu_k, \nu_k, \mu_w, \nu_w$ .



1 – working pipe; 2 – receiving chamber; 3 – injector; 4 – nozzle of the mixing chamber; 5 – input chamber of the mixed component; 6 – working pipe; 7 – liquid collection chamber;  $a$  – the distance between the nozzles;  $H$  – is the pressure of the concentrate;  $h$  – is the annular gap of the ejection chamber.

Fig. 1. Scheme of countercurrent-jet mixer.

The optimization criteria are the homogeneity of the mixture; the concentration of the mixed component in the resulting mixed product; power consumed  $P$ ; specific energy consumption,  $E_{sp}$ .

The multiplicity of mixing water with blended syrup or concentrate (injection ratio) should be 1:4 – 1:5. The blended syrup-based product must contain  $9 \pm 2\%$  of sugar. The product based on the concentrate should have an acidity of  $3.5 \pm 0.5 \text{ cm}^3$  [14, 15].

*Formulation of the purpose of the article.* The purpose of this work is to develop a methodology for research of jet mixing of liquids in the developed countercurrent-jet mixer

*Presentation of the main research material.* The main task of theoretical research is substantiation of parameters and modes of operation of countercurrent-jet mixer to obtain the necessary technological requirements of the concentration of the mixed component in the mixed

product and the quality of mixing at minimum energy consumption.

The study of jet mixing of liquids is a complex process. Establishing the required physical values of the mixing process in the laboratory is very problematic. Obtaining some process data is not possible at all, so resort to computer simulation of the process.

These days there are a large number of programs and complexes that address various problems. The fluid dynamics calculation function is present only in such systems as COSMOSFloWorks, Ansys, SolidWorks, Gas Dynamics and FlowVision. Among them, the software complex of finite element analysis ANSYS stands out due to the ability to operate with a large number of parameters, as well as high accuracy of the results. According to the set parameters it is necessary to build a 3D-model of the mixing chamber of the countercurrent-jet mixer in the computer program SolidWorks and to integrate it into the ANSYS software package. The choice of the initial data of the process (temperature, density of liquids, mixing proportions, pressure at the inlet to the device) is due to the technological instructions for the production of soft drinks. As boundary conditions to set the walls, inlets and outlets, the parameters of the fluid medium on them, the parameters of the surfaces of solids in contact with the fluid medium. In fact, the boundary conditions determine the relationship of physical processes in the calculation area, which in our case coincides with the design grid, with physical processes outside it, and some wall surfaces can be considered as holes through which the design area connects with external cavities, filled with a fluid medium. All the conditions set at these limits are exactly fulfilled when solving the problem. To discretize the differential equations use the finite element method. The results of the calculation are displayed on the monitor screen in the form of a multi-colored image, which is analyzed by comparison with the appropriate scale.

As a result of modeling the mixing process in the ANSYS software package to create fields of kinetic energy of turbulence, its dissipation, velocities and pressure in the mixing chamber. Analytically determine one of the main parameters – the distance between the nozzles of the mixer's injectors.

The main task of experimental research is to substantiate the parameters and modes of operation of the countercurrent-jet mixer to obtain the required content of the mixed component in the finished solution and ensure the required level of mixing of components (mixing quality) with minimal energy consumption. To this end, it is necessary to check, refine and, if necessary, adjust the data obtained analytically.

Experimental studies should be performed according to the method described below.

The base, which is tap water, is fed into the ejector under pressure. When passing through the ejector, the kinetic energy of the water flow

increases, and the potential decreases to create a vacuum that reaches its maximum value at the point of greatest narrowing of the flow, namely, at the outlet of the ejector. Blended syrup "Lemonade" based on sugar (concentrate based on aspartame and saccharin) under atmospheric pressure (0.1 MPa) is fed into the input chamber of the mixed component.

When a jet of water passes through the input chamber of the mixed component, blended syrup (concentrate) is ejected into the water flow. When the jet passes through the nozzle, the main component is pre-mixed with the admixture, and when the jets collide, the liquid components are finally mixed.

The size of the receiving chambers is changed by the axial movement of the working nozzles and during the research the dimensions of both chambers are fixed the same. The distance between the nozzles of the injectors is changed by the axial movement of the injectors in the guide bushings.

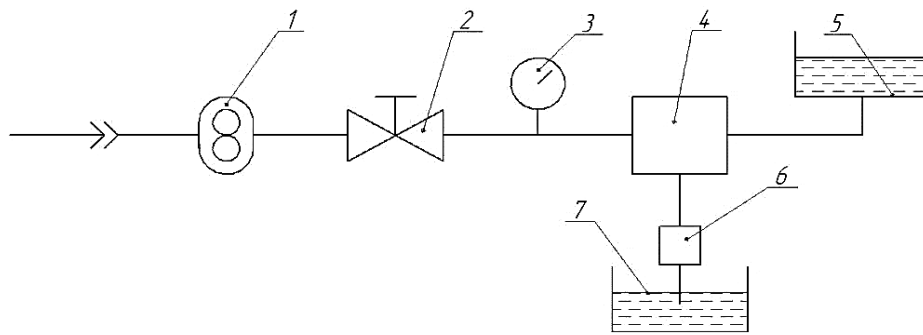
To conduct experimental research should be used: tap water DSTU 7525:2014 "Drinking water. Requirements and methods of quality control" at a temperature of 20°C (290°K) and a density of 982.3 kg·m<sup>-3</sup>, blended syrup "Lemonade" based on sugar at a temperature of 20°C (290° K) and a density of 1229.5 kg/m<sup>3</sup> and concentrate based on sweeteners (aspartame and saccharin) "Lemonade" at a temperature of 20°C (290°K) and a density of 1050 kg/m<sup>3</sup>.

Determination of the concentration of blended syrup in a mixed solution is carried out using a hydrometer-sugar meter AC-3, Ukraine (GOST 18481-81, 0-25%; 0.5%). The content of concentrate in the mixed solution is determined by the acidity of the mixed product. The acidity of the resulting solution is determined by titration with 0.1-n sodium hydroxide solution.

For experimental studies, a scheme (Fig. 2 ) was developed and an installation was built, the general view of which is presented in Figure 3. [16].

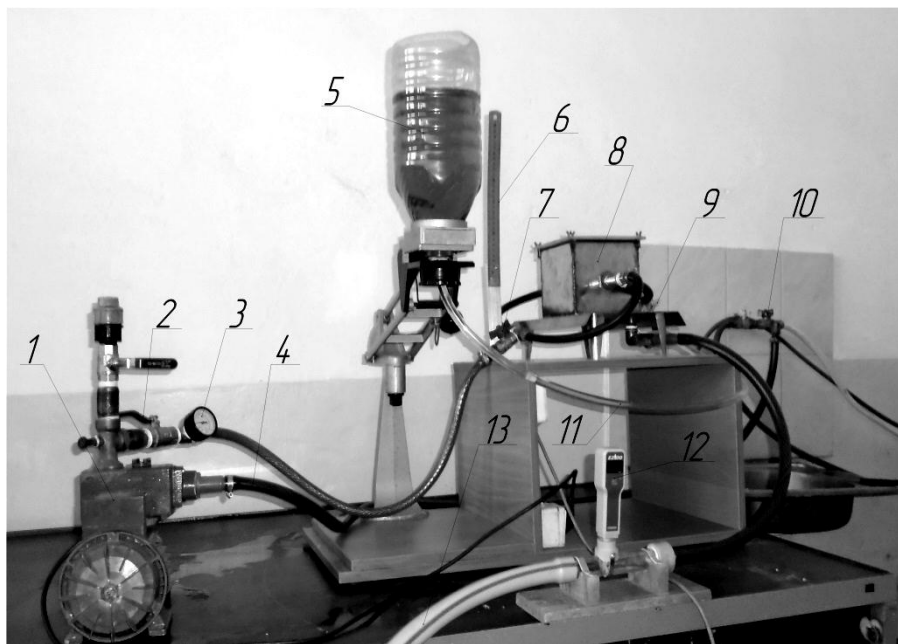
The water supply pressure is created by means of a vortex pump 1 (manufacturer KENLE, China,  $H_{\max} = 50$  m,  $Q_{\max} = 50$  l·min<sup>-1</sup>). The pressure is changed by means of a rotating valve 2. Control of water supply pressure in the mixer 8 is carried out by means of the manometer 3 (MP3 – U, Russia. According to ГОСТ 2405-88, the measurement range is 0–10 kgf/cm<sup>2</sup> (0–1.0 MPa), 0.2 atm).

Through the supply channel of the main component 4, water enters the countercurrent-jet mixer 8. The mixed component enters the mixer from the tank 5 through the supply channel 11. After mixing in the countercurrent-jet mixer, the mixed product is discharged through the channel 13.



1 – pump; 2 – rotating valve; 3 – manometer; 4 – countercurrent-jet mixer; 5 – container with a mixed component (concentrate); 6 – conductometer; 7 – receiving container for the mixed product.

Fig. 2. Scheme of the experimental installation.



1 – vortex pump; 2 – wraparound tap; 3 – manometer; 4 – feed channel for the main component (water); 5 – the number of food components (syrup); 6 – line; 7 – supply valve for the main component; 8 – countercurrent-jet mixer; 9 – valve for feeding a component; 10 – tap for water supply; 11 – channel for feeding a component; 12 – conductometer; 13 – channel for removal of the finished product.

Fig. 3. Experimental installation.

Determination of the dependence of the concentration of the mixed component in the mixed product:

- set the distance between the nozzles by moving them in the guide bushings. Control the distance with finite length measures
- connect the supply channel of the main component 4 to the water supply.
- set the container to collect the mixed product.

- fill container 5 with the mixed component.
- provide the required pressure of the mixed component by setting the tank 5 in the appropriate position (the distance between the surface of the blend syrup and the axis of the nozzles to control with a ruler 6).
- open the supply valve of the main component 7 and open the water supply valve 10 for 5 – 6 s (to fill the supply channel and pump cavities with water).
- connect pump 1 to the mains.
- open the water supply. After 1 – 2 s, switch on the pump. Using the rotary tap 2 to adjust the required water supply pressure according to the manometer 3.
- open the feed valve of the mixed component 9.
- after 4 – 5 s after opening the tap of the mixed component, take a sample (200 ml) in a separate container and sign it.
- repeat the experiment 3 times.
- determine the sugar content in the sample using a sugar hydrometer.

*Conclusions.* The proposed method of research of the jet mixing of liquids in the developed countercurrent-jet mixer will allow substantiating the parameters and modes of operation of the mixer to obtain the required technological requirements of the concentration of the mixed component in the mixed product and mixing quality at minimum energy consumption, as well as receive necessary data for construction of analytical model of countercurrent-jet mixers, homogenizers and other hydraulic devices.

### References

1. *Wasewar, K. L., Sarathy J. V.* CFD Modelling and simulation of jet mixed tanks. *Engineering applications of Computational Fluid Mechanics.* – 2008. – Vol. 2, No 2. – P. 155–171.
2. *Sendilkumar K., Kalaichelvi P., Perumalsamy M., Arunagiri A., Raja T.* Computational fluid dynamic analysis of mixing characteristics inside a jet mixer for newtonian and non newtonian fluids. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science.* – 2007. – P. 9.
3. *Saravanan K., Sundaramoorthy N., Mohankumar G., Subramanian N.* Studies on some aspects of jet mixers I: Hydrodynamics. *Modern Applied Science.* – 2010. – Vol. 4, № 3. – P. 51–59.
4. *Wasewar K.* A Design of Jet Mixed Tank. *SCIImago Journal & Country Rank. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly.* Croatia. 20 (1) 31–46 (2006).
5. *Bo Kong* Experimental and computational study of turbulent mixing in a confined rectangular reactor. A dissertation submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Iowa State University Ames, Iowa 2011.
6. *Daas M., Srivasta R., Roeltan D.* Submerged jet mixing in nuclear waste tanks: a correlation for jet velocity. *WM Symposia.* – 2007. – Vol. 41, Issue 14. – P. 9.

7. *Joshua Jacob Engelbrecht* Optimization of a hydraulic mixing nozzle Iowa State University, 2007. – 65 p.

8. *Espinosa E.* Design Optimization of Submerged Jet Nozzles for enhanced mixing – FIU Electronic theses and dissertations, 2011.– 101 p.

9. *Duda D, Yanovych V, Uruba V.* An Experimental Study of Turbulent Mixing in Channel Flow Past a Grid. *Processes*. 2020; 8(11):1355. <https://doi.org/10.3390/pr8111355>

10. Wu, Z., Fan, D., Zhou, Y. et al. Jet mixing optimization using machine learning control. *Exp Fluids* 59, 131 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00348-018-2582-4>

11. *Самойчук К. О.* Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів / К. О. Самойчук, О. В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2013. – Вип. 13., т.1.

12. *Самойчук К. О., Полудненко О. В.* Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования. Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного Аграрного университета, 2013 – 140с.

13. *Циб В. Г., Полудненко О.В.* Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь:ТДАТУ. - 2014. – Вип.14., т.1.

14. ТІ У 61.960:2008 «Технологічна інструкція на виробництво напоїв безалкогольних».

15. РЦ У 61.960.11-98 «Рецептура на 100 дал напою «Лимонад»»

16. *Viunyk O., Samoichuk K., Smielov A., Panina V.* Experimental investigations of the process of mixing liquids in a counter-jet mixer// Slovak international scientific journal: Bratislava – № 14, (2018). – Vol. 1. – 2018. – P. 32–37.

## METHODOLOGY OF CONDUCTING STUDIES OF JET MIXING OF LIQUIDS

K. Samoichuk, O. Viunyk

### *Summary*

The process of mixing liquids is widely used in the food industry. In particular, in the manufacture of soft drinks the main technological process is the mixing of liquids. Development and introduction into production of mixers which will provide high-quality mixing of liquids at the minimum expenses of energy and time is relevant.

As a result of the analysis of various methods of mixing of liquids countercurrent-jet mixing has been singled out as the most promising. The article presents a scheme of the developed countercurrent-jet mixer, a scheme of experimental installation and general view of installation. The factors that influence the process of mixing liquid components of the mixer and the method of analytical and experimental researches of the process of jet mixing of liquids in the developed countercurrent-jet mixer is described.

**Key words:** research, methods, liquid, mixing.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ РІДИН

Самойчук К. О., В'юник О. В.

### *Анотація*

Процес змішування рідин широко застосовується у харчовій промисловості для інтенсифікації хімічних, теплових і масообмінних процесів, а також для приготування емульсій, суспензій та розчинів. Зокрема, при виготовленні безалкогольних напоїв основним технологічним процесом є перемішування рідин – води з купажним сиропом і води з концентратом на основі підсолоджувачів.

Розробка і впровадження у виробництво змішувачів, які забезпечать якісне перемішування рідин при мінімальних витратах енергії і часу є актуальним. Змішувачі повинні бути економічними, надійними, простими у виготовленні та обслуговуванні, мати прості схеми включення в різні установки.

В результаті аналізу різних методів змішування рідин з'ясовано, що зіткнення струменів є одним з ефективних методів інтенсифікації різних процесів, тому протічійно-струминне змішування було виділено як найбільш перспективне. Ця робота є складовою частиною циклу статей, присвячених струминному змішуванню рідких компонентів. Вона присвячена розробці методики аналітичних і експериментальних досліджень процесу струминного змішування рідин у протічійно-струминному змішувачі. В статті представлено схему розробленого протічійно-струминного змішувача та описано процес змішування рідин в ньому. Описано фактори, які впливають на процес змішування рідких компонентів у змішувачі. Окреслено задачі дослідження. Також в статті описано методику аналітичних досліджень струминного змішування рідин у розробленому протічійно-струминному змішувачі. Представлено схему експериментальної установки та її загальний вид. Описано принцип роботи експериментальної установки. Вказано необхідне обладнання та засоби контролю для проведення досліджень. Представлено методику експериментальних досліджень з визначення вмісту підмішуваного компоненту в змішаному продукті.

**Ключові слова:** дослідження, методика, рідина, змішування.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУЙНОГО СМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Самойчук К. О., В'юник О. В.

### *Аннотация*

Процесс смешивания жидкостей широко используется в пищевой промышленности. В частности, при производстве безалкогольных напитков основным технологическим процессом является смешивание жидкостей. Таким образом, разработка и внедрение в производство смесителей, которые обеспечат качественное смешивание жидкостей при минимальных затратах энергии и времени является актуальным.

В результате анализа различных способов смешения жидкостей противоточно-струйное перемешивание выделено как наиболее перспективное. В статье представлена схема разработанного противоточно-струйного смесителя, схема экспериментальной установки и общий вид установки. Описаны факторы, влияющие на процесс смешения жидких компонентов смесителя, а также методика аналитических и экспериментальных исследований процесса струйного смешения жидкостей в разработанном противоточно-струйном смесителе.

**Ключевые слова:** исследование, методика, жидкость, перемешивание.

## ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШВИДСКОРОСТНОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

<sup>1</sup>Кюрчев С. В., д.т.н., ORCID: 0000-0001-6512-8118

<sup>2</sup>Паламарчук І. П., д.т.н., ORCID: 0000-0002-0441-6586

<sup>1</sup>Верхоланцева В. О., к.т.н., ORCID: 0000-0003-1961-2149

<sup>1</sup>Паляничка Н. О., к.т.н., ORCID: 0000-0001-8510-7146

<sup>1</sup>Кюрчева Л. М., к.с-г.н. ORCID: 0000-0002-8225-3399

<sup>1</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

<sup>2</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Швидке охолодження і шокова заморозка по праву визнані найкращим способом зберігання свіжої продукції. Збільшення терміну придатності, збереження поживних і смакових властивостей - все це цінується як покупцем, так і виробником харчових продуктів [1,2].

Швидке заморожування свіжої харчової сировини дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність, активність сировини як тваринного, так і рослинного походження, використовувати таку сировину для виробництва продуктів харчування в осінній, зимовий і весняний періоди.

У разі застосування технології шокової заморозки, кристали льоду не стають занадто великими, зате відчутно зростає їхня щільність. Це сприяє збереженню структури продукції, що позитивно впливає на його якості після розморожування [3,4].

*Аналіз останніх досліджень.* У порівнянні з традиційним способом заморожування на стелажах в холодильних камерах, переваги шокової заморозки такі:

- зменшуються втрати продукту в 2-3 рази;
- скорочується час заморозки в 3-10 разів;
- скорочуються виробничі площі в 1,5-2 рази;
- скорочується виробничий персонал на 25-30%;
- скорочується термін окупності на 15-20%;

Розглянемо практичні результати плюсів технології шокової заморозки продуктів. Для цього необхідно продовжувати проводити дослідження в напрямку розробки модернізованої технології із застосуванням розробленого обладнання для зберігання ягід [1,4,5].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є аналіз та обґрунтування розробленого обладнання для флюїдизації сільськогосподарської продукції.

*Основна частина.* На основі аналізу існуючих та розроблених флюїдизаційних апаратів була складена їх класифікація (рис.1) за такими ознаками як:

- за механізмом створення флюїдизаційного шару;
- за конструкцією виконавчих органів;
- за способом переміщення продукції у зоні обробки.

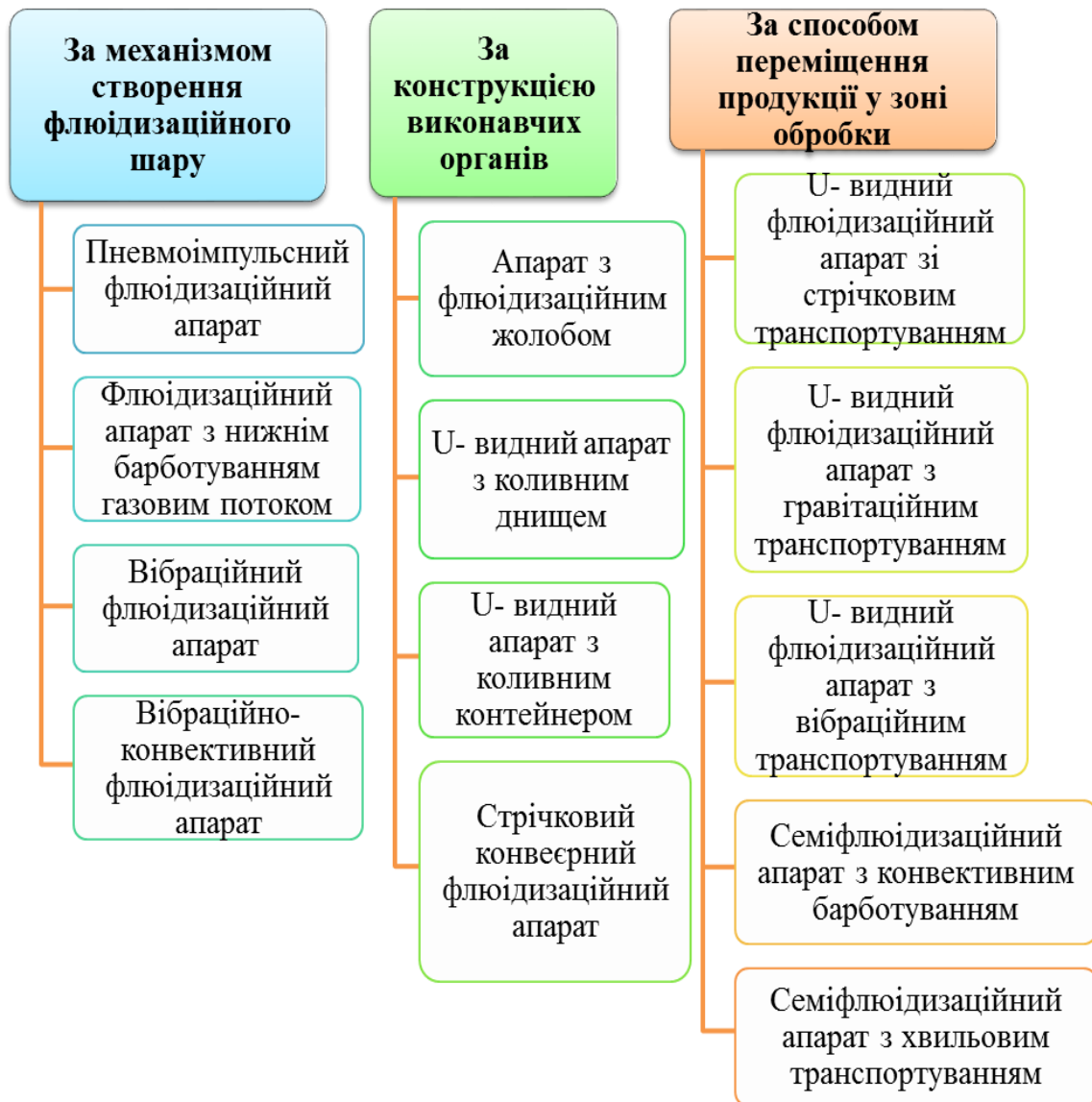


Рис.1. Класифікація флюїдизаційних апаратів.

Таким чином, розвиток технологічної та конструктивної ефективності інтенсивних процесів переохолодження та заморожування при застосуванні вібраційних та хвильових ефектів у технологічних та транспортно-технологічних процесах, зокрема, при створенні у робочій зоні флюїдизаційного шару продукції, набувають

все більшого попиту у переробних та харчових виробництвах при реалізації довготривалої консервації сипкої та дрібнокускової сільськогосподарської продукції, що зумовлює актуальність та перспективи розвитку даного обладнання [6].

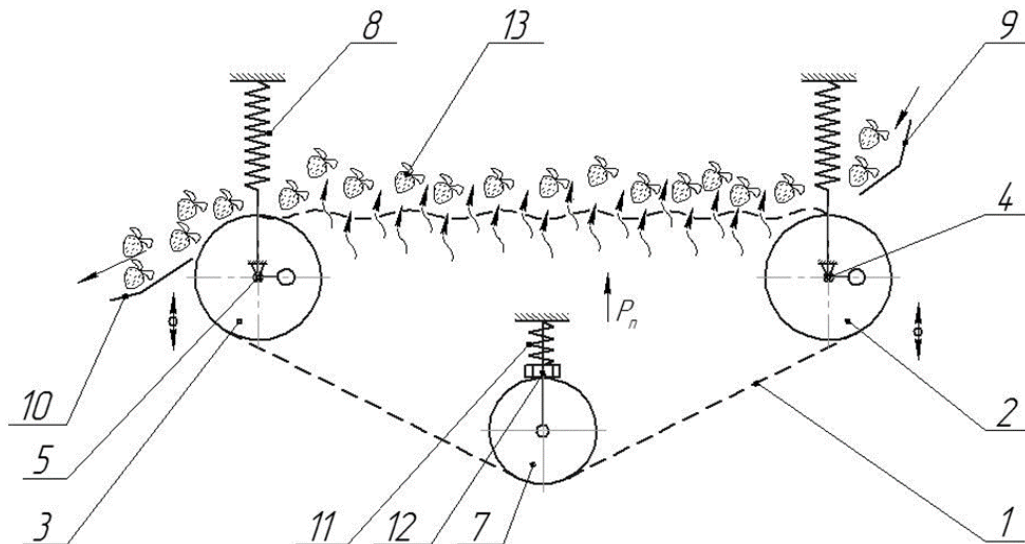
При обґрунтуванні конструкції семіфлюїдизаційної установки використовуємо попередньо виконаний аналіз флюїдизаційних машин, для інтенсифікації яких у проектованій конструкції передбачаємо поточну або конвеєрну організацію процесу обробки та наявність вібромеханічної її інтенсифікації. Така установка відноситься до тепломасообмінної техніки і може бути використана для переохолодження або підморожування плодоовочевої продукції під час короткочасного або довготривалого зберігання; у конвеєрних технологічних лініях для швидкого охолодження та підморожування у процесах первинної переробки плодоягідної та овочевої продукції; для низькотемпературного консервування сільськогосподарської продукції, яка схильна до легкого пошкодження [6,7,8,9].

Залежно від режиму низькотемпературної обробки продукції при використанні розроблених схем семіфлюїдизаційних апаратів можна відзначити три напрями технологічної дії:

- переохолодження продукції за рахунок конвективного теплообміну потоком холодоносія;
- переохолодження продукції за рахунок кондуктивного теплообміну при контакті з масою снігової шуби або тонкоподрібненої криги;
- переохолодження продукції за рахунок комбінованого теплообміну з потоком холодоносія та при контакті з масою снігової шуби або тонкоподрібненої криги.

Серед основних структурних елементів даної машини є транспортер з деформувальною робочою поверхнею для переміщення сипкої та дрібнокускової продукції; кінематичний комбінований вібропривод, що розміщується в опорних котках транспортерної стрічки; підпружинений ексцентриковий приводний вал віброзбуджувача; секції для здійснення операцій завантаження та розвантаження обробленої продукції.

Розроблений метод дозволяє підвищити інтенсифікацію тепломасообміну шляхом застосування псевдозрідженого шару продукції, використання вібраційних і хвильових ефектів та поточної схеми виробництва за використання конвеєрних механізмів (рис.2). У вібраційних транспортно-технологічних машинах даного типу вібрація не тільки знижує сили внутрішнього тертя при транспортуванні, але й утворює динамічну хвилю для забезпечення примусового переміщення матеріалу вздовж гнучкого вантажонесучого органу в умовах неперервного оновлення шарів продукції при їх перемішуванні [1, 10, 11, 12, 13].



1 – гнучка вантажонесуча стрічка; 2, 3 – робочі опорні вальці; 4 – приводний вал віброзбуджувача; 5 – підшипникова опора вальців; 6 – дебаланс; 7 – натяжний валець; 8 – пружна підвіска; 9 – лоток живильний; 10 – розвантажувальний лоток; 11 – пружний елемент натяжного пристрою; 12 – регулювальна гайка натяжного пристрою; 13 – продукція, що обробляється.

Рис. 2. Принципова схема віброхвильової семіфлюїдизаційної машини, в якій реалізується конвективний теплообмін потоком холодоносія.

Розроблена схема віброконвеєрної флюїдизаційної установки являє собою поєднання стрічкового транспортера та вібраційної технологічної машини. Механічні віброприводи або віброзбуджувачі, що умонтовані всередині вальців, забезпечують генерацію просторових коливань, створюючи умови для безперервного руху продукції по заданій спіральної траєкторії, забезпечення її зваженого стану. Використовується спеціальний валець, що забезпечує необхідний натяг гнучкої стрічки. Коливання робочих вальців із заданими амплітудними та частотними характеристиками створює на поверхні гнучкого елемента у вигляді стрічки механічну хвилю, що забезпечує просування сипкої продукції вздовж зони обробки в умовах інфрачервоного опромінення. Розпушення маси продукції під дією знакозмінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до пошарового перемішування та забезпечення рівномірного контакту з холодоносієм [14,15, 16].

В основу машини поставлене завдання: шляхом зміни конструкції підвищити ефективність керування параметрами вібрації; регулювання швидкістю транспортування сипкої продукції для забезпечення необхідної продуктивності обробки, зокрема при

реалізації безперервного технологічного режиму; забезпечення оновлення шарів продукції у процесі транспортування, що відповідно дозволяє значно збільшувати поверхню контакту з холодоносієм при рівномірному його проникненні по поверхні та всередину оброблювального матеріалу [16].

Дана задача розв'язується шляхом застосування механічних вібробуджувачів у кожному із опорних котків стрічкового транспортера, які створюють біжучу або стоячу хвилі на поверхні деформованого транспортуючого елемента, що забезпечує потрібний технологічний рух маси продукції.

*Висновки.* За рахунок флюїдизації (псевдооживлення) під час заморозки, продукція не злипається і охолоджується за рекордно короткий час. Найкраще такі камери шокової заморозки підходять для дрібної продукції - ягоди, нарізані овочі і фрукти, боби та ін.

Дані пристрої мають саму мінімальну втрату і зберігають високу якість продуктів, а також мають високу швидкість заморожування. Заморожений таким чином продукт добре фасується і зберігає свою структуру.

#### **Список використаних джерел**

1. Оптимізація технології заморожування плодовоовочевої продукції: монографія / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2018. 198 с.

2. Скалецька Л. Ф., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: практикум. Київ: Вища школа, 1994. 288 с.

3. Kiurchev S., Glowacki S., Verkholantseva V. An innovative approach for storing berries in the modern. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 24 листопада 2020 р. Мелітополь, 2020. С. 62-64.

4. Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхоланцева В. О. Застосування холоду у процесі зберігання ягід. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 24 листопада 2020 р. Мелітополь, 2020. С. 77-79.

5. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О. Холод сприяє зберіганню продукції. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 24 листопада 2020 р. Мелітополь, 2020. С. 192-193.

6. Пристрій для визначення криоскопічної температури харчових продуктів: пат. 129352 Україна: МПК G01N 33/02 (2006.01), G01K 7/02

(2006.01). № u2018 05100; заявл. 08.05.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20.

7. Флюїдизаційний пристрій: пат. 130454 Україна: МПК В01F 7/26 (2006.01). № u2018 06110; заявл. 01.06.2018; опубл. 10.12.2018, Бюл. № 23.

8. Семіфлюїдизаційний пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів: пат. 135240 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u2019 00150; заявл. 04.01.2019; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12.

9. Поточковий семіфлюїдизаційний морозильний пристрій: пат. 135242 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u2019 00154; заявл. 04.01.2019; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12.

10. Пристрій вібро-шугового підморожування: пат. 146083 Україна: МПК F25D 13/06, F25D 17/06 (2006.01). № u2020 04962; заявл. 03.08.2020; опубл. 20.01.2021; Бюл. № 3.

11. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Віброхвильовий семіфлюїдизаційний процес низькотемпературної обробки рослинної сировини. *Соціально-економічний розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Бережани, 19-20 квітня). Тернопіль, 2018. С. 283-285.*

12. Scientific achievements in enviromental and life science. Scientific monograph / scientific editors N. Semenyshena, M. Ostafin, A. Кнарczyk. Vol. II. Kraków, 2018. 141 p.

13. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: лабораторний практикум / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2017. 277 с.

14. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навчальний посібник / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2017. 275 с.

15. Kiurchev S., Verkholantseva V., Yeremenko O., Al-Nadzhar F. Research and changes in berries using technology of freezing during storage. *Engineering for Rural Development: [19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development (Jelgava, 20 May-22 May 2020)]*. Jelgava, 2020. P. 997-1002. DOI: 10.22616/ERDev2020.19.TF235.

16. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М., Самойчук К. О. Використання технології заморожування ягід. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 2. С. 115-123.

## **ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШВИДКОСКОРОСТНОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхованцева В. О.,  
Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М.

### *Анотація*

Стаття присвячена розгляду проблеми зберігання сільськогосподарської продукції із застосуванням нового обладнання. Сьогодні в Україні недостатньо лише виростити і зібрати великий обсяг якісної продукції, – передусім потрібно вміти її зберегти. Дедалі частіше виникають ризики, пов'язані з внутрішніми і зовнішніми факторами, а також проблеми з надлишком врожаю, що несуть загрозу не продати повністю продукт у свіжому вигляді. Таким чином для досягнення найкращого результату важливий не тільки режим зберігання, а й стабільність його підтримки. Температура зберігання робить істотний вплив на спад маси і втрати від загнивання. При підвищених температурах зростає інтенсивність дихання і випаровування води, посилено розвиваються мікроорганізми. Однак знижувати температуру можна до певних меж. Нами запропонована класифікація флюїдизаційних апаратів. Дослідження показали, що розробка обладнання з використанням нових методів зберігання продукції є актуальною.

**Ключевые слова:** продукція, зберігання, флюїдизація, заморозка, температура, теплообмін, обладнання, апарат.

## **ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Кюрчев С. В., Паламарчук И. П., Верхованцева В. А.,  
Паляничка Н. А., Кюрчева Л. Н.

### *Аннотация*

Статья посвящена рассмотрению проблемы хранения сельскохозяйственной продукции с применением нового оборудования. Сегодня в Украине недостаточно только вырастить и собрать большой объем качественной продукции - прежде всего нужно уметь ее сохранить. Все чаще возникают риски, связанные с внутренними и внешними факторами, а также проблемы с избытком урожая, несущие угрозу не продать полностью продукт в свежем виде. Таким образом, для достижения наилучшего результата важен не только режим хранения, но и стабильность его поддержки. Температура хранения оказывает существенное влияние на убыль массы и потери от загнивания. При повышенных температурах возрастает интенсивность дыхания и испарения воды, усиленно развиваются микроорганизмы. Однако снижать температуру можно до определенных пределов. Нами предложена классификация флюидизационных аппаратов. Исследования показали, что разработка оборудования с использованием новых методов хранения продукции является актуальной.

**Ключевые слова:** продукция, хранение, флюидизация, заморозка, температура, теплообмен, оборудование, аппарат.

## **RATIONALE FOR DEVELOPED EQUIPMENT FOR FAST-SPEED FROZENING OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

S. Kiurchev, I. Palamarchuk, V. Verkholtantseva, N. Palianychka,  
L. Kiurcheva

### *Summary*

The article is devoted to the consideration of the problem of storing agricultural products using new equipment. Today in Ukraine it is not enough just to grow and collect a large volume of high-quality products - first of all, you need to be able to preserve them. Increasingly, there are risks associated with internal and external factors, as well as problems with excess harvest, which threaten not to fully sell the fresh product. Thus, to achieve the best result, not only the storage mode is important, but also the stability of its support. Storage temperature has a significant effect on weight loss and rotting losses. At elevated temperatures, the intensity of respiration and evaporation of water increases, and microorganisms develop vigorously. However, the temperature can be reduced to certain limits. We have hardened the classification of fluidization apparatuses. Research has shown that the development of equipment using new methods of storage of products is relevant. Creation of a universal technology for stage-by-stage cooling of products with an air system, which allows 3-5 times to reduce losses from spoilage and loss of weight during storage and transportation. Thus, freezing food is used to preserve the quality of food and its taste, to extend the shelf life of food that is fit for consumption. Fast freezing ensures the preservation of high product quality, because the product loses a minimum amount of moisture. Freezing time depends on the shape, size and thermal conductivity of the product, as well as the heat transfer between the product and the refrigerant. The size and location of the ice crystals and the freezing speed determine the quality of the final frozen product.

**Key words:** products, storage, fluidization, freezing, temperature, heat exchange, equipment, apparatus.

## **THERMOPHYSICAL CALCULATIONS THE PROCESS OF COOLING THE FERMENTED MILK CLOT**

Struchaiev N., PhD,

ORCID: 0000-0002-8891-4960

Postol Y., PhD,

ORCID: 0000-0002-0749-3771

Tarassenko V., PhD,

ORCID: 0000-0002-0275-0281

Palianychka N., PhD,

ORCID: 0000-0001-8510-7146

*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*

Tel. (0619) 42-13-06

*Formulation of the problem.* Fermented milk drinks are essential for a balanced diet. They are produced in two ways: reservoir and thermostatic. A significant part of the range of fermented milk drinks is produced by the reservoir method [1]. In conditions of energy saving and improving product quality, the requirements for the production of fermented milk drinks, in particular for cooling the fermented milk clot, are increasing and its improvement is currently a very important problem [2].

*Analysis of recent studies.* The analysis of the most effective methods used to improve the structure of fermented milk drinks notes the extreme importance of the cooling process [2]. There are a number of works on thermophysical calculations taking into account thermal insulation [3-10], which provide general approaches to planning and solving problems of this kind. However, the solution to the problem of increasing the energy efficiency of cooling the fermented milk clot before filling it into consumer containers for further maturation, compensation of the thermal resistance of the mixer gap requires special consideration.

*Forming the goals of the article.* The aim of the study is to establish the possibility of increasing the energy efficiency of cooling the fermented milk clot before bottling it into consumer containers for further maturation, by reducing energy consumption for maintaining its temperature by installing thermal insulation, determining the optimal location and gap of the mixer to compensate for thermal resistance.

To achieve this goal, the following tasks have been set:

1. To propose a method for calculating heat energy for cooling a fermented milk clot and heat inflows, taking into account the location of the thermal insulation.
2. Check the correspondence of theoretical calculations to the actual value of cooling temperatures of the fermented milk clot.
3. Determine the cooling time of the fermented milk clot.

The research methodology is based on a modified method for studying the heat transfer process.

*Main part.* To create rational temperature conditions under which it is possible to pour the fermented milk clot into consumer containers for its further maturation, it is necessary to take into account the thermophysical properties of the fermented clot, as well as data on its basic physical and mechanical properties. Calculation of the amount of heat when cooling a fermented milk clot, which is heated to a temperature of 32...34 °C, in a container of complex shape will be performed on the basis of a joint solution of the heat balance and heat transfer equation [3].

The heat balance equation in this case takes the form:

$$Q_{cool.w.} = Q_{cool.f.cl.} + Q_{st.jck.} + Q_{th.in.} + Q_{th.in.}, \quad (1)$$

where  $Q_{cool.w.}$  – the amount of heat removed by the cooling water, kJ;  
 $Q_{cool.f.cl.}$  – the amount of heat for cooling the fermented milk clot, kJ;  
 $Q_{st.jck.}$  – the amount of heat for cooling a steel tank with a cooling jacket, kJ;  
 $Q_{th.in.}$  – the amount of heat for cooling the thermal insulation, kJ;  
 $Q_{th.in.}$  – heat inflows of thermal energy from the environment, kJ.

The heat transfer equation during the cooling of the fermented clot [3]. determined by the formula, kJ :

$$Q_{cool.f.cl.} = k_{f.cl.} \cdot F_{tank} \cdot (t_{ht} - t_{col.}) \cdot \tau, \quad (2)$$

where  $k_{f.cl.}$  – is the coefficient of heat transfer from the fermented clot through the walls of the tank to the cooling water, W / (m<sup>2</sup> · K);  
 $F_{tank}$  – is the surface area of the tank, m<sup>2</sup>;  $t_{ht}$  – is the temperature of the hot medium, °C;  $t_{col.}$  – is the temperature of the cold medium; °C,  $\tau$  – is the operating time of the installation , s.

The amount of heat required to cool the fermented milk clot:

$$Q_{cool.f.cl.} = m_{f.cl.} \cdot c_{f.cl.} \cdot (t_{init} - t_{fin}), \quad (3)$$

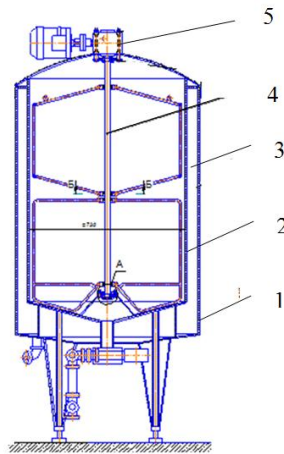
where  $Q_{cool.f.cl.}$  – is the amount of heat for cooling the fermented milk clot, kJ;  $m_{f.cl.}$  – is the mass of the fermented milk clot, kg;  $c_{f.cl.}$  – the heat capacity of the fermented milk clot, kJ / (kg·°C);  $t_{init}$  – is the initial temperature of the fermented milk clot, °C;  $t_{fin}$  – is the final temperature of the fermented milk clot, °C.

Mass of fermented milk clot:

$$m_{f.cl.} = \rho_{f.cl.} \cdot V_{f.cl.}, \quad (4)$$

where  $\rho_{f.cl.}$  – is the density of the fermented milk clot, kg / m<sup>3</sup>;  
 $V_{f.cl.}$  – is the volume of the fermented milk clot, m<sup>3</sup>.

The amount of heat for cooling a steel tank with a cooling jacket (Fig. 1).



1 – thermal insulation of the tank; 2 – tank; 3 – cooling jacket; 4 – mixer; 5 – mixer drive.

Fig. 1. Scheme of the tank for cooling the fermented milk clot.

$$Q_{st.jac.} = m_{st.jac.} \cdot c_{st.} \cdot (t_{init} - t_{fin}), \quad (5)$$

where  $Q_{st.jac.}$  – amount of heat for cooling a steel tank with a cooling jacket, kJ;  $m_{st.jac.}$  – mass of a steel tank with a cooling jacket, kg;  $c_{st.}$  – heat capacity of steel, kJ / (kg deg);  $t_{init}$  – initial steel temperature, °C;  $t_{fin}$  – final steel temperature, °C.

Mass of a steel tank with a cooling jacket, kg:

$$m_{st} = \rho_{st.} \cdot V_{st.}, \quad (6)$$

where  $\rho_{st.}$  – density of steel, kg / m<sup>3</sup>;  $V_{st.}$  – volume of steel, m<sup>3</sup>.

The amount of heat removed by the cooling water required to cool the steel tank and fermented milk clot is equal to the total amount of heat removed according to formula (1).

On the other hand, the amount of heat removed by the cooling water can be determined by the formula:

$$Q_{cool.water} = m_{cool.water} \cdot c_{cool.water} \cdot (t_{init.water} - t_{fin.water}), \quad (7)$$

where  $Q_{cool. water}$  – the amount of heat removed by the cooling water for cooling the fermented milk clot, kJ;  $m_{cool. water}$  – the mass of the cooling water, kg;  $c_{cool. water}$  – the heat capacity of the cooling water, kJ / (kg · deg);  $t_{init water}$  – initial temperature of the cooling water, °C;  $t_{final water}$  – final temperature of the cooling water, °C.

Having solved the equations (1) and (7) together, we determine the amount of cooling water required to cool the steel and the fermented clot.

From the energy conservation equation, we write that the amount of heat removed from the fermented milk clot is equal to the amount of heat

supplied to the cooling water:

$$Q_{cool.f.cl.} = Q_{cool.water.} \quad (8)$$

Then the amount of cooling water will be equal to:

$$m_{cool.water.} = Q_{cool.f.cl.} / (c_{cool.water.} \cdot (t_{init.water.} - t_{fin..water.})), \quad (9)$$

Final cooling water temperature:

$$t_{fin..water.} = t_{init.water.} + Q_{cool.f.cl.} / (m \cdot c_{cool.water.}), \quad (10)$$

Cooling jacket rectangular tube length:

$$l = (H_{tank} - b \cdot n) / (a \cdot \pi \cdot D_{tank}), \quad (11)$$

where  $l$  – is the length of the rectangular tube of the cooling jacket, m;  $H_{tank}$  – is the height of the tank shell, m;  $a$  – is the width of the rectangular tube of the cooling jacket, m;  $b$  – is the gap between the turns of the rectangular tube of the cooling jacket, m;  $n$  – is the number of turns,  $D_{tank}$  is the diameter tank, m.

Speed of water movement in a rectangular pipe of the cooling jacket:

$$v = 4 \cdot Q_{cool.water.} / (a \cdot h), \quad (12)$$

where  $v$  – is the speed of water movement in a rectangular pipe of the cooling jacket, m / s.

The residence time of water in a rectangular pipe of the cooling jacket:

$$\tau_{water} = l / v \quad (13)$$

The mode of water movement in a rectangular pipe of the cooling jacket is determined using the Reynolds criterion:

$$Re = \frac{V \cdot D_{eq.}}{\nu}, \quad (14)$$

where  $Re$  – is the general Reynolds criterion;  $V$  – is the speed of water movement in a rectangular pipe of the cooling jacket, m / s;  $D_{eq}$  – is the equivalent pipe diameter, m;  $\nu$  – is the coefficient of kinematic viscosity of water, m<sup>2</sup> / s.

Equivalent pipe diameter:

$$D_{eq.} = 4F/P = a \cdot h / (2(a+h)), \quad (15)$$

For a rectangular fully filled pipe, the Reynolds criterion takes the form:

$$Re = \frac{V \cdot \frac{4 \cdot a \cdot h}{2 \cdot (a + h)}}{\nu}, \quad (16)$$

The calculated Reynolds criterion for the cooling jacket pipe (see table 2) is greater than the critical one:

$$Re = 43338,5 > Re_{cr.} = 2320$$

That is, the regime of movement of water in the pipe is turbulent. Nusselt criterion for turbulent regime:

$$Nu = 0,021 \cdot Re_w^{0,8} \cdot Pr_w^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_w}{Pr_{st.}} \right)^{0,25}, \quad (17)$$

where  $Pr_w$  – is the value of the Prandtl criterion for water at 2 °C;  $Pr_{st}$  – is the value of the Prandtl criterion for a steel wall.

Heat transfer coefficient during the movement of cooling water in pipes:

$$\alpha_w = \frac{Nu \cdot \lambda_w}{D_{eq}}, \quad (18)$$

where  $\alpha_w$  – is the heat transfer coefficient of the cooling water, W / (m<sup>2</sup> · K);  $Nu$  – is the Nusselt criterion;  $\lambda_w$  – is the thermal conductivity of the cooling water, W / (m · K);  $D_{eq}$  – is the equivalent pipe diameter, m.

Mixer circumferential speed:

$$\omega = \pi \cdot d_m \cdot n_m, \quad (19)$$

where  $\omega$  – is the circumferential speed of the mixer, m / s;  $d_m$  – is the mixer diameter, m;  $n_m$  – is the mixer rotation frequency, 1 / s.

The regime of movement of the fermented clot in the gap between the tank and the mixer is determined using the Reynolds criterion:

$$Re_{f.cl} = \frac{V_{f.cl.} \cdot D_{gap}}{\nu_{f.cl.}}, \quad (20)$$

where  $Re_{f.cl.}$  – Reynolds criterion for a fermented clot;  $V_{f.cl.}$  – the speed of the fermented clot movement in the gap, m / s;  $D_{gap}$  – the equivalent diameter of the gap, m;  $\nu_{f.cl.}$  – coefficient of the kinematic viscosity of the fermented clot, m<sup>2</sup> / s.

The equivalent diameter of the gap is calculated by the formula (15). The Reynolds criterion for the motion of the clot in the gap calculated by formula (20) is less than the critical one:

$$Re_{gap} = 726,8 < Re_{cr} = 2320,$$

in this way the regime of movement of the clot in the gap is laminar.

The Nusselt criterion for laminar viscosity-gravitational motion will be:

$$Nu_{f.cl.gap} = 0,15 \cdot Re_{f.cl.}^{0,33} \cdot Pr_{f.cl.}^{0,43} \cdot Gr_{f.cl.}^{0,1} \left( \frac{Pr_{f.cl.}}{Pr_{st.}} \right)^{0,25}, \quad (21)$$

where  $Pr_{f.cl.}$  – value of the Prandtl criterion for fermented milk clot;  $Pr_{st.}$  – value of the Prandtl criterion for the steel wall;  $Gr_{f.cl.}$  – Grashoff criterion for a clot.

The heat transfer coefficient when the fermented clot moves along the tank wall is determined by the formula (18).

Heat transfer coefficient from the fermented clot through the walls of tank to the cooling water:

$$k_{f.cl.} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{f.cl.}} + \frac{\delta_{st.}}{\lambda_{st.}} + \frac{1}{\alpha_{w.}}}, \quad (22)$$

where  $k_{f.cl.}$  – coefficient of heat transfer when moving from the fermented clot through the walls of the tank to the cooling water, W / (m<sup>2</sup>·K);  $\alpha_{f.cl.}$  – coefficient of heat transfer of the fermented clot to the wall of the tank, W / (m<sup>2</sup>·K);  $\delta_{st.}$  – thickness of the steel wall, m;  $\lambda_{st.}$  – coefficient of thermal conductivity of steel, W / (m·K);  $\alpha_w$  – coefficient of heat transfer from the wall to water, W / (m<sup>2</sup>·K).

From the heat transfer equation (2), we determine the cooling time of the fermented milk clot:

$$\tau = \frac{Q}{k \cdot F \cdot \Delta t_{m.l.}}, \quad (23)$$

where  $\Delta t_{m.l.}$  – is the mean logarithmic temperature difference, °C.

The mean logarithmic temperature difference is determined by the formula:

$$\Delta t_{m.l.} = \frac{\Delta t_{l.t.d.} - \Delta t_{s.t.d.}}{\ln \frac{\Delta t_{l.t.d.}}{\Delta t_{s.t.d.}}}. \quad (24)$$

**Conclusions.** A method of thermophysical calculation is proposed to increase the efficiency of cooling the fermented milk clot taking into account the location of the thermal insulation, by reducing heat inflows and increasing the rate of temperature decrease. The correspondence of theoretical calculations to the actual value of the cooling temperatures of the fermented milk clot has been checked. The cooling time of the fermented milk clot was determined. The proposed method of thermophysical calculation can be used when designing tank of complex shape for cooling a fermented milk clot.

### References

1. Optimization of the cooling process for fermented milk products / I. A. Smirnova et al. *Technics and technology of food production*. 2014. № 1. P. 106-109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protssessa-ohlazhdeniya-kislomolochnyh-produktov/viewer> (Last accessed: 28.01.2021).
2. Comparative assessment of the use of kefir production technologies / Yu. B. Gerber et al. *Agroindustrial engineering*. 2016. № 8. P. 83-88. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-suschestvuyuschih-tehnologiy-proizvodstva-kefira/viewer> (Last accessed: 30.01.2021)
3. Zaki G. M., Al-Turki A. M. Optimization of Multilayer Thermal Insulation for Pipelines. *Heat Transfer Engineering*. 2000. Vol. 21, № 4. P. 63-70. DOI: 10.1080/01457630050144514.
4. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Borokhov I. Determination of the Duration of Spherical-Shaped Berries Freezing Under the Conditions Stationary Heat Flow. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 405-414. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_42.
5. Yalpachik V., Struchaev M, Tarasenko V. Experimental determination of the coefficient of thermal conductivity during freezing. *Proceedings of the Taurian State Agrotechnological University*. Melitopol, 2017. Vol. 1, № 17. P. 113–118. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3061> (Last accessed: 30.01.2021).
6. Didur V. A., Struchaiev M. I. Teplotekhnika, teplopostachannya i vykorysyannya teploty v sil's'komu gospodarstvi [Heat engineering, heat supply and heat using in agriculture.]. Kiev: Agrarna osvita, 2008. 233 p.
7. Struchaiev N. I. Determination of the amount of heat during freezing and defrosting. News of the Kharkiv National Technical University of Agriculture. Vol. 2, № 165. - Kharkiv: KhNTUSG, 2015. P. 130-131. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2015\\_165\\_53](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2015_165_53) (Last accessed: 01.02.2021).
8. Yalpachik V. F., Yalpachik F. E., Struchayev N. I. Thermophysical calculations during freezing and defrosting fruits and

vegetables products. *Proceedings of the Tavrian State Agrotechnological University*. Melitopol, 2013. Iss. 13, Vol. 1. P. 196-204. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/864/1/> (Last accessed: 01.02.2021).

9. Struchaiev N. I., Postol Y. O. Analysis of thermodynamic processes in airflow. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture*. P. Vasilenko. 2017. № 187. P. 28-29. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4844> (Last accessed: 30.01.2021)

10. Yalpachik V. F., Struchaiev M. I., Verholantseva V. O. Planning of experimental researches of process of cooling of grain. *Proceedings of the TDAU*. Melitopol, 2015. Iss. 15, Vol. 1. P. 3-8. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/881/1/1.pdf> (Last accessed: 30.01.2021)

## **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ СКВАШЕННОГО СГУСТКА МОЛОКА**

Стручаев Н. И., Постол Ю. А., Тарасенко В. Г., Паляничка Н. А.

### *Аннотация*

Статья посвящена повышению энергоэффективности охлаждения сквашенного сгустка молока перед розливом его в потребительскую тару для дальнейшего созревания, путем снижения энергозатрат на поддержание его температуры, установкой теплоизоляции, определения оптимального расположения и зазора мешалки для компенсации термического сопротивления пристенного ламинарного слоя. Предложенная методика теплофизического расчета может быть использована при проектировании ёмкостей сложной формы для охлаждения сквашенного сгустка молока.

**Ключевые слова:** энергосбережение, теплоизоляция, потери энергии, тепловые притоки, компактные ёмкости сложной формы охлаждения, сквашенный сгусток молока.

## **ТЕПЛОФІЗИЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ СКВАШЕНОГО ЗГУСТКА МОЛОКА**

Стручаєв М. І., Постол Ю. О., Тарасенко В. Г., Паляничка Н. О.

### *Анотація*

Стаття присвячена підвищенню енергоефективності охолодження сквашеного згустку молока перед розливом його в споживчу тару для подальшого дозрівання, шляхом зниження енерговитрат на підтримку його температури, установкою теплоізоляції та визначенням оптимального розташування і зазору мішалки для компенсації термічного опору пристінного ламинарного шару. Проведений аналіз найбільш ефективних методів покращення структури кисломолочних напоїв, відзначено важливість процесу охолодження при виробництві молочних продуктів. Запропоновано методику теплофізичного розрахунку для підвищення ефективності охолодження сквашеного згустку молока з урахуванням розташування теплоізоляції, шляхом зменшення притоків

теплоти і збільшення темпу зниження температури, перевірено відповідність теоретичних розрахунків фактичним значенням температур охолодження сквашеного згустку молока, визначено час охолодження сквашеного згустку молока. Виконано розрахунок кількості теплоти при охолодженні зброженого кисломолочного згустку на основі вирішення рівняння теплового балансу та тепловіддачі. Режим руху води в прямокутній трубі охолоджувальної сорочки визначався за допомогою критерію Рейнольдса. Визначено еквівалентний діаметр зазору між змішувачем і стінкою резервуару та критерій Рейнольдса для руху згустку в зазорі, який виявився менше критичного, в цьому випадку режим руху згустку є ламінарним. Коефіцієнт тепловіддачі під час руху охолоджуючої води в трубах та згустку в зазорі визначали за допомогою критерію рівнянь Нуссельта. Запропонована методика теплофізичного розрахунку може бути використана при проектуванні ємностей для охолодження сквашеного згустку молока.

**Ключові слова:** енергозбереження, теплоізоляція, втрати енергії, теплові притоки, компактні ємності складної форми для охолодження, сквашений згусток молока.

## **THERMOPHYSICAL CALCULATIONS THE PROCESS OF COOLING THE FERMENTED MILK CLOT**

N. Struchaiev, Y. Postol, V. Tarasenko, N. Palyanichka

### *Summary*

The article is devoted to increasing the energy efficiency of cooling the fermented milk clot before filling it into consumer containers for further maturation, by reducing energy consumption to maintain its temperature, by installing thermal insulation and determining the optimal location and gap of the mixer to compensate for the thermal resistance of the walls laminar layer. The proposed method of thermophysical calculation can be used when designing containers of complex shape for cooling a fermented milk clot.

**Key words:** energy saving, thermal insulation, energy losses, heat inflows, compact containers of complex shape, cooling, fermented milk clot.

## ПОРІВНЯННЯ ТА ПОЛІПШЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ОСАДОМ У СЛАБКОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

Ковальов С. В., к.х.н.,

ORCID: 0000-0001-8839-2392

Науменко О. П., д.х.т.,

ORCID: 0000-0002-5115-1584

Міщенко В. І., аспірант,\*

ORCID: 0000-0002-1867-3874

Плахотін К. О., магістрант,\*\*

Кенюх Д. В., магістрант\*\*

*Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»*

Тел. (067) 631-60-26

*Постановка проблеми.* Вибір оптимальної конструкції теплообмінного обладнання харчових виробництв є досить складною задачею, враховуючи велику кількість розроблених конструкцій, матеріалів, з яких вони виготовляються, та технологічних параметрів процесу теплообміну. Тому є доцільним виконати аналіз існуючих конструкцій та запропонувати нові шляхи покращення конструкцій теплообмінного обладнання.

*Аналіз останніх досліджень.* Існує багато видів теплообмінного обладнання, яке застосовується в харчових, хімічних та аграрних виробництвах. Їх умовно можливо поділити на дві великі групи це трубчаті і нетрубчаті [1, 2]. Трубчаті теплообмінники це кожухотрубчаті та змієвикові [3, 4], та як різновид змієвикових «труба в трубі» [5]. До не трубчатих відносять пластинчаті [1, 2], спіральні та сорочки [1, 2]. Проте, на теперішній час, найбільше розповсюдження мають кожухотрубчаті та пластинчаті теплообмінники. Існує багато публікацій, щодо порівняння цих двох видів теплообмінного обладнання [6-11]. Але ці публікації відрізняються лише тим, що автори рекламують своє обладнання, тоді як обладнання конкурента вони вважають недосконалим. Ми спробували неупереджено розібратись в цьому питанні.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Виконати порівняльну оцінку двох видів теплообмінних апаратів (пластинчатий теплообмінний апарат та кожухотрубчатий теплообмінний апарат з U-подібними трубками), які працюють при однакових робочих умовах. Запропонувати заходи для зменшення матеріаломісткості та збільшення ефективності теплообмінного обладнання.

---

© Ковальов С. В., Науменко О. П., Міщенко В. І., Плахотін К. О., Кенюх Д. В.

\*Науковий керівник – д.т.н., професор Гірін О. Б.

\*\* Науковий керівник – к.х.н., доцент Ковальов С. В.

*Основна частина.* Розглянемо окремо переваги і недоліки кожухотрубчатих теплообмінників за даними літературних джерел [1, 2, 6-11]. Переваги:

- добре налагоджена технологія виробництва;
- велика різноманітність конструкцій;
- можливість збільшення потужності.
- низький гідравлічний опір;
- можливість турбулізації потоку і, як наслідок, збільшення теплообміну;

- порівняно невелика чутливість до забруднень і відкладень;
- можливе застосування при тисках до 6,4 МПа;
- робота при високих температурах до 600 °С;
- порівняно низька вартість ремонту;

До недоліків слід віднести:

- велика поверхня теплообміну;
- складність очищення;
- великі габарити;
- складність ремонту.

Переваги та недоліки пластинчастих теплообмінників, за даними літературних джерел [1, 2, 6-11] Переваги:

- проста технологія виробництва;
- велика різноманітність конструкцій;
- простота очищення пластин від забруднень.

- велика поверхня теплообміну при відносно малих габаритних розмірах;

До недоліків слід віднести:

- чутливість до забруднень і відкладень;
- високий гідравлічний опір;
- застосування при тисках до 1,6 МПа (пов'язано з руйнуванням прокладок при великих тисках);

- не працює при високих температурах (до температури руйнування прокладок);

- висока вартість ремонту (вартість прокладок при заміні сягає від 20% до 40% вартості теплообмінника).

Наша робота полягала у теоретичному розрахунку двох видів теплообмінників. В основу розрахунку покладено величину теплового потоку крізь теплообмінник, який становив 7693 кВт. Технологічні розрахунки проводились для кожухотрубчатих теплообмінників за [1], а для пластинчастих за [10].

Особливо слід відмітити цікаві комп'ютерні моделі для розрахунку теплообмінників, які запропоновані в роботах [11, 12].

За результатами наших розрахунків були побудовані моделі конструкцій пластинчатого (рис. 1) та кожухотрубчатого теплообмінників (рис. 2).

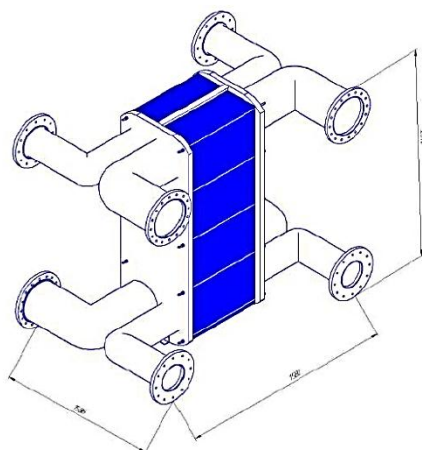


Рис. 1. 3D модель спроектованого пластинчастого теплообмінника.

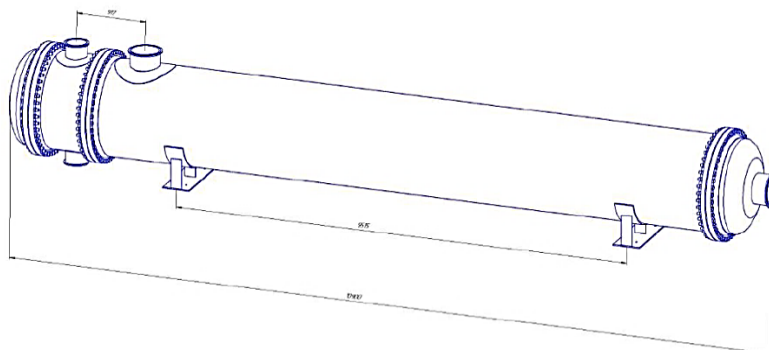


Рис. 2. 3D модель спроектованого кожухотрубчатого теплообмінника.

Порівняльна оцінку теплообмінників наведено у табл. 1. Згідно до неї можливо зробити висновки: площа теплообміну, габаритні розміри, матеріалоемність та собівартість є значно меншими у пластинчастого теплообмінника в порівнянні з кожухотрубчатим.

Пластинчаті теплообмінники краще використовувати при невисоких температурах і тиску до 1,6 МПа та з речовинами, що не дають багато відкладень; кожухотрубчаті – при тиску більше ніж 1,6 МПа та температурі вище 200 °С.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця теплообмінних апаратів

№	Параметр теплообмінника	Кожухотрубний теплообмінник з U-подібними трубками	Пластинчатий теплообмінник
1	2	3	4
1	Загальна площа поверхні, м <sup>2</sup>	1000	372
2	Габаритні розміри, мм (довжина×ширина×висота)	10090×1630×1500	2600×2100×1568

## Продовження таблиці 1

1	2	3	4
3	Матеріал теплообмінника	10X17H13M3T	10X17H13M3T
4	Термін служби, роки	20	20
5	Тиск в охолоджуючому просторі, МПа	1,6	1,6
6	Тиск в нагріваючому просторі, МПа	0,6	0,6
7	Максимальна різниця температур	70	70
8	Матеріалоемність апарату, кг	20812	5389
9	Питома матеріалоемність (на одиницю площини теплообміну), кг/м <sup>2</sup>	20,8	6
10	Собівартість теплообмінника, млн. грн	3,977	1,051
11	Швидкість розбирання при ремонті, годин	До 40	До 10
12	Теплоізоляція	Потрібна	Не потрібна
13	Відсоток стандартних виробів	21,9	10,8
14	Можливість зміни поверхні теплообміну	Ні	Так

Однак, слід відзначити, що при зменшені габаритів та матеріалоемності кожухотрубчаті теплообмінники не будуть поступатись пластинчатим. Одним із шляхів покращення конструкції кожухотрубчатих теплообмінників є використання зміцнюючих покриттів з заміною матеріалу теплообмінника.

В ДВНЗ УДХТУ розроблена технологія нанесення гальванічного покриття міддю у слабкому магнітному полі [13]. Цей метод дозволяє значно підвищити експлуатаційні характеристики теплообмінника.

Процес нанесення шару міді на конструкційні матеріали полягає у наступному: попередньо підготовлений матеріал основи занурюється у ванну з електролітом складом: 0,4М CuSO<sub>4</sub> та 0,8М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та температурою від 15 до 30°C. Ванна розміщується у магнітному полі індуктивністю від 0,5 до 1,5 мТл. Щільність струму 1-7 А/дм<sup>2</sup>. Одержані за цих умов покриття мають твердість на 50-100% більшу, ніж інші мідні гальванічні покриття [13].

Нами запропоновано використовувати методику зміцнення деталей теплообмінників шляхом нанесення на них мідних гальванічних осадів у магнітному полі малої індукції. Методика

полягає в заміні матеріалу труб трубного пучка теплообмінника, який виготовляється зі сталі (використовується стальна трубка товщиною стінки  $2\div 3$  мм) на мідь (трубку товщиною від 0,2 до 0,5 мм), з обов'язковим нанесенням на мідну трубку зміцнюючого шару міді за методикою описаною в [14].

Звичайно, заміна сталі на мідь призведе до значного збільшення вартості теплообмінника, але це компенсується зниженням матеріалоємності обладнання та, крім того, запатентована методика виготовлення трубок для теплообмінника має багато переваг, основні з яких:

1) значно більший коефіцієнт теплопередачі міді порівняно зі сталлю (більше ніж в 8 разів), що покращує теплообмін;

2) зменшення в 5 разів товщини трубки (при незмінній міцності конструкції) в стільки ж раз покращить теплопередачу;

3) покриття має велику твердість і захищає основний метал від абразивного зносу, що дозволяє використовувати тонкостінні трубки трубного пучка;

4) вага конструкції зменшиться в 4,5 рази, що вплине на зручність монтажу та суттєво вплине на зниження вартості теплообмінника;

5) при використанні покриття з того ж самого матеріалу, що і трубки, виключаються значні деформації, викликані температурним розширенням трубок у теплообміннику;

6) відсутність корозійного руйнування мідних трубок, на відміну від сталевих;

7) термін роботи та міжремонтний період теплообмінника можуть бути значно подовжені.

#### *Висновки.*

1. Запропоновані принципи вибору теплообмінного обладнання для харчових виробництв на основі аналізу літератури та власних розрахунків.

2. Ефективність кожухотубчастих теплообмінних апаратів можливо підвищити за рахунок заміни сталевих трубок на тонкі мідні з шаром високотвердого мідного покриття, шляхом гальванічного його нанесення у магнітному полі з низькою індукцією.

#### **Список використаних джерел**

1. Справочник по теплообменникам: справочник / под ред. Б. С. Петухова, В. К. Шикова. Москва: Энерговидат, 1987. Т. 2. 352 с.

2. Василенко С. М., Шутюк В. В. Теплообмінні апарати. Основи розрахунку та вибору: цикл лекцій. Київ: УДУХТ, 2000. 36 с.

3. Тарасенко А. Н. Шевелев А. А. Ефективний чисельний метод визначення динамічних характеристик трубчастих теплообмінних

апаратів. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. Харків, 2009. № 3. С. 163–167.

4. Шитикова И. Г., Олексюк А. А., Горделюк А. А. Конструктивный расчет теплообменника змеевикового типа для систем отопления и горячего водоснабжения. *Современное промышленное и гражданское строительство*. 2012. Т. 8, № 1. С. 37–44.

5. Мікульонок І. О. Конструктивне оформлення теплообмінників «труба в трубі» (Огляд). *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2020. № 4. С. 63-73. DOI: 10.33070/etars.4.2020.07.

6. Design optimization and validation of high-performance heat exchangers using approximation assisted optimization and additive manufacturing / Daniel Bacellar et al. *Science and Technology for the Built Environment*. 2017. Vol. 23, № 6. P. 896–911. DOI: 10.1080/23744731.2017.1333877.

7. Lan Xiangyun. The Design of Shell-and-tube Heat Exchanger in the Project of the Coal Bed Methane Electrical Power Generation. *Journal of Chemical, Environmental and Biological Engineering*. 2020. Vol. 4, № 2. P. 53-59. DOI: 10.11648/j.jcebe.20200402.14.

8. Pankaj C. Jena. Chapter 6 - Design and analysis of heat exchanger by using computational fluid dynamics. *Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies*. Academic Press, 2019. P. 159-176. DOI: 10.1016/B978-0-12-816564-5.00006-2.

9. Разоренов Р. Н., Миргородский А. И. Теплообменные аппараты: Кожухотрубные vs Пластинчатые – 3:0! *Энергосовет*. 2017. № 49. С. 19-24. URL: [https://tai.ru/images/data/gallery/183\\_2871\\_Теплообменные-аппараты-КОЖУХОТРУБНЫЕ-vs-ПЛАСТИНЧАТЫЕ-%E2%80%933.0.pdf](https://tai.ru/images/data/gallery/183_2871_Теплообменные-аппараты-КОЖУХОТРУБНЫЕ-vs-ПЛАСТИНЧАТЫЕ-%E2%80%933.0.pdf) (дата звернення: )

10. Мамченко В. О., Малышев А. А. Пластинчатые теплообменники в низкотемпературной технике и биотехнологических процессах: учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 116 с.

11. Ram Kishan, Devendra Singh and Ajay Kumar Sharma. CFD Analysis of Heat Exchanger Models Design Using Ansys Fluent. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2020. № 11 (2). P. 1-9. DOI: 10.31224/osf.io/drn4.

12. Рогачов В. А., Баранюк А. В., Проценко П. Ю. CFD-моделирование теплогидравлических и прочностных характеристик пластинчатого теплообменного аппарата. *Молодий вчений*. 2018. № 4(56). С. 175-181.

13. Copper electrodeposition under a weak magnetic field: Effect on the texturing and properties of the deposits / S. V. Kovalyov, O. B. Girin, C. Debiemme-Chouvy, V. I. Mishchenko. *Journal of Applied*

*Electrochemistry*. 2021. Vol. 51, № 11. P. 1-9. DOI: 10.1007/s10800-020-01492-3.

14. Спосіб електрохімічного одержання покриттів в магнітному полі: пат. 119771 Україна. МПК (2006.01) C25D 3/00, C25D 5/00, C25D 7/00, C25D 21/12 / С. В. Ковальов, О. Б. Гірін, А. О. Косолапов. № а201611847; заяв. 23.12.16; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15.

## **ПОРІВНЯННЯ ТА ПОЛІПШЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ОСАДОМ У СЛАБКОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ**

Ковальов С. В., Науменко О. П., Міщенко В. І., Плахотін К. О.,  
Кенюх Д. В.

### *Анотація*

У статті наведено результати порівняння двох основних та найбільш розповсюджених видів теплообмінного обладнання, яке застосовується у харчових виробництвах. Виконано аналіз літератури для визначення переваг і недоліків кожухотрубчатого та пластинчатого теплообмінників. Виконано технологічні і механічні розрахунки, та на їх основі сконструйовано комп'ютерні моделі кожухотрубчатого та пластинчатого теплообмінників. На основі порівняння та аналізу одержаних даних, для цих видів теплообмінників, подані пропозиції для застосування кожного з них. Показано, що покращити конструкцію кожухотрубчатого теплообмінника можливо за рахунок зміцнення трубок шаром міді, який нанесено гальванічним шляхом у слабкому магнітному полі.

**Ключові слова:** теплообмінник, пластинчастий, кожухотрубчатий, електрохімічний осад, слабе магнітне поле.

## **СОПОСТАВЛЕНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ОСАДКАМИ В СЛАБОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Ковалёв С. В., Науменко А. П., Мищенко В. И., Плахотин К. А.,  
Кенюх Д. В.

### *Аннотация*

В статье приведены результаты сравнения двух основных и наиболее распространенных видов теплообменного оборудования, применяемого в пищевых производствах. Выполнен анализ литературы для определения преимуществ и недостатков кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников. Выполнены технологические и механические расчеты, и на их основе сконструировано компьютерные модели кожухотрубчатого и пластинчатого теплообменников. Из сравнения и анализа полученных данных, для этих видов теплообменников, представлены предложения для применения каждого из них. Показано, что улучшить конструкцию кожухотрубчатого теплообменника возможно за счет упрочнения трубок слоем меди, который нанесен гальваническим путем в слабом магнитном поле.

**Ключевые слова:** теплообменник, пластинчатый, кожухотрубчатый, электрохимический осадок, слабое магнитное поле.

## **COMPARISON AND IMPROVEMENT OF HEAT EXCHANGERS FOR FOOD PRODUCTION BY HARDENING PARTS BY ELECTROCHEMICAL DEPOSITS IN A WEAK MAGNETIC FIELD**

S. Kovalyov, O. Naumenko, V. Mishchenko, K. Plakhotin, D. Kenyukh

### *Summary*

The article presents the results of comparison of the two main and most common types of heat exchange equipment used in food production. The analysis of the literature is performed and the advantages and disadvantages of shell-and-tube and plate heat exchangers are determined.

Technological and mechanical calculations were performed, and on their basis computer models of shell-and-tube and plate heat exchangers were constructed. The main technological and constructional parameters of both types of heat exchangers are selected and compared. Based on the obtained data, for these types of heat exchangers, proposals for the application of each of them are submitted. The general conclusions are as follows: heat transfer area, overall dimensions, material consumption and cost are much smaller in a plate heat exchanger compared to shell and tube, however, plate heat exchangers can be used only at low temperatures (before 200°C) and pressures up to 1.6 MPa; shell and tube at pressures greater than 1.6 MPa and temperatures above 200 °C.

It is shown that it is possible to improve the design of the shell-and-tube heat exchanger by strengthening the tubes with a layer of copper, which is applied galvanically in a weak magnetic field. A method of applying to cover parts of heat exchangers, namely to cover the tubes of the tube bundle of heat exchangers. It is proposed to replace the pipe material of the heat exchanger tube bundle, which is made of steel (using a steel tube with a wall thickness of 2-3 mm), copper (tube with a thickness of 0.2 to 0.5 mm) with mandatory application of a reinforcing layer on a copper tube copper according to the method described in the article.

**Key words:** heat exchanger, plate, shell-and-tube, electrochemical deposit, weak magnetic field.

УДК 664.857:[001.891.5:66.081.6] DOI:10.31388/2078-0877-2021-21-1-36-43

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОКІВ ІЗ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3615-8339

Дмитревський Д. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1330-7514

Гузенко В. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8407-2404

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Афукова Н. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4457-1564

*Луганський національний аграрний університет*

Тел. (050) 185-85-35

*Постановка проблеми.* На теперішній час переробка фруктів, овочів та плодово-ягідної сировини є достатньо перспективним напрямком харчової промисловості. Плодоовочева галузь виконує одне з основних завдань із забезпечення населення продуктами харчування, які мають високу біологічну і харчову цінність, а також містять незамінні для людини вітаміни і біологічно активні речовини. Одним із основних продуктів плодовоовочевої промисловості є соки. Соки є важливим продуктом харчування, оскільки разом зі свіжими плодами і овочами забезпечують людський організм набором всіх необхідних фізіологічно активних речовин – вітамінів, макро- і мікроелементів, багатьох інших корисних речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності людини [1-3].

Однією з основних стадій процесу виробництва яблучного соку є стадія освітлення. Цей процес проводиться з метою колоїдної стабілізації продукту під час зберігання, а також для поліпшення споживчого виду продукту і його органолептичних властивостей. Для відповідності продукту міжнародним стандартам необхідно застосовувати сучасні технології та обладнання, яке базується на передових розробках. До такого виду обладнання відносяться мембранні технології, які забезпечують більш високий вихід, поліпшення смаку, товарного вигляду і харчової цінності плодово-ягідних соків. При цьому зберігаються вітаміни, амінокислоти та інші біологічно активні компоненти. Це можливо за рахунок відмови від консервантів і стадії теплової стерилізації.

Мембранні процеси дозволяють створювати енергоефективні технології концентрування соків і розширити асортимент продуктів. Застосуванням мікрофільтраційних і ультрафільтраційних процесів можна отримати продукти з регульованим мінеральним і вуглеводним складом. Одним з основних напрямків застосування мембран у

виробництві соків є їх освітлення та концентрування. Освітлення соків здійснюється з метою руйнування колоїдної системи продукту, видалення високомолекулярних білкових, пектинових і поліфенольних речовин і мікроорганізмів. При цьому необхідною умовою є збереження біологічно активних і цінних компонентів – вітамінів, цукрів, кислот, мінеральних і ароматичних речовин, [4].

Концентрований сік отримується під час переробки соку прямого віджимання. З цією метою сік прямого віджимання може концентруватися різними способами. Серед цих способів широке розповсюдження отримав мембранний спосіб концентрування. До складу концентрованих соків, як правило, додатково не додається ні цукор, ні інші речовини для підсолоджування.

*Аналіз останніх досліджень.* Традиційні технології виробництва соків передбачають фільтрацію свіжовичавленого соку через пористі перегородки з втратою частини цінних речовин, а також введення консервантів і застосування теплової стерилізації для забезпечення необхідних термінів зберігання. Застосування даних технологій не гарантує повного видалення частинок плодової м'якоті і отримання кінцевого продукту з високим рівнем органолептичних показників та харчової цінності. Деякі способи освітлення і стабілізації фруктових соків засновані на внесення до продукту сторонніх добавок, а саме – матеріалів, що освітлюють. Разом із цими матеріалами до складу соку часто переходить надмірна кількість мінеральних та інших речовин. Тривалість обробки соків відповідно до традиційної технології становить від 24 до 30 годин. Внаслідок такого тривалого контакту продукту з киснем повітря відбуваються втрати частини біологічної цінності компонентів соку. Очевидно, що таке явище негативно позначається на якості готової продукції [5].

Останнім часом широкого поширення набули мембранні методи розділення сумішей. Ці технології відрізняються простотою, економічністю і ефективністю. Мембранна фільтрація забезпечує розділення різних компонентів в потоці за розміром і формою мікрочастинок. При поліпшенні фільтрації, поліпшується якість готового продукту і збільшується його вихід. Крім підвищення якості продукції, використання мембранних установок в складі технологічних ліній виробництва соків дає можливість поліпшення і економічних показників підприємств за рахунок спрощення складу ліній і зниження енергоємності процесів. Базуючись на проведеному аналізі літературних джерел, основними проблемами, що стримують широке застосування мембранних технологій у виробництві плодоовочевих соків, є досить висока вартість мембранних установок, зумовлена великою площею фільтрації, що компенсує зниження продуктивності через відкладання осаду (гель-шару) на поверхні мембран [6-8].

Вибір ефективних параметрів функціонування мікрофільтраційних установок безперервної дії ускладнюється відсутністю науково-обґрунтованих методик розрахунку, які необхідні для врахування нестационарності процесу і нелінійності реологічної поведінки середовищ. Наявність цих методик дозволить здійснювати оптимальну компоновку мембранних модулів по східцях концентрування.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є проведення аналізу процесів освітлення та концентрування плодовоовочевих соків, а також обґрунтування необхідності застосування мембранних установок під час виробництва соків для їх концентрування, освітлення і поліпшення споживчих якостей продукту.

*Основна частина.* Для освітлення, стабілізації і концентрування соків та різних напоїв використовують процеси зворотного осмосу, ультрафільтрації, мікрофільтрації та електродіаліз. Мембранні процеси доцільно використовувати в ситуаціях, коли суміш, що розділяється містить лабільні речовини, які легко руйнуються. До таких сумішей відносяться найчастіше рідкі харчові середовища, такі як соки, екстракти, білкові розчини та інші. Розробка мембранних процесів розділення таких рідких середовищ дає можливість створювати принципово нові технологічні схеми і устаткування, для комплексної переробки плодової сировини. Використання сучасних мембранних апаратів дозволяє знизити забруднення навколишнього середовища за рахунок застосування безвідходних технологій, а також отримувати харчові продукти з новими функціональними властивостями і високою харчовою цінністю [9].

Для освітлення соків застосовуються як мікрофільтраційні, так і ультрафільтраційні мембрани. Підготовлений сік на фільтраційній установці поділяється на освітлений пермеат і ретентат з колоїдними речовинами і мікроорганізмами. Ретентат є концентратом, який утворюється під час фільтрації. Ретентат складається, головним чином, із затриманих частинок осаду і суспензії мікроорганізмів. Збільшення концентрації твердих речовин в ретентат призводить до зменшення його загального обсягу. Залежно від технології, яка використовується для переробки, вихід освітленого соку може досягати до 98%. З точки зору організації процесу мембранного освітлення соку, можуть бути реалізовані кілька варіантів його проведення [10-11].

Продуктивність мембранного апарата суттєво залежить від способу обробки плодово-ягідної сировини, а також від обробки первинного соку ферментами. Для того щоб отримати необхідні дані для розробки промислової системи проводиться оцінка основної технології та випробування для підбору раціональних умов фільтрації.

На сьогоднішній день широке поширення під час виробництва освітлених концентрованих яблучних соків отримав процес ультрафільтрації. В даному випадку ультрафільтрація може замінити сепаратор, кізельгуровий і пластинчастий фільтрпресами. Крім цього, ультрафільтрація замінює обробку сировини освітлюючими речовинами. Застосування ультрафільтраційної обробки дозволяє видалити тверді частинки, а також високомолекулярні компоненти, якими є крохмаль і білки. В сучасних умовах виробництва ультрафільтрація стала альтернативою, а в деяких випадках і заміною традиційного процесу освітлення, забезпечуючи при цьому більш високу рентабельність процесу і якість продукту. З метою зниження вмісту пектину перед ультрафільтрацією сік необхідно очистити ензимами. Ця технологія гарантує високий вихід продукту, оптимальну продуктивність і якість кінцевого продукту.

На відміну від мікрофільтраційної обробки ультрафільтрація соків усуває не тільки нерозчинні, але і розчинні речовини. До таких речовин відносяться пектин, крохмаль, білки, а також різні конденсовані форми поліфенолів. Освітлення соків ультрафільтрацією знаходить широке застосування в промисловості для освітлення і стабілізації якості вишневого, яблучного, виноградного, лимонного, апельсинового і інших соків. Відомо, що під час ультрафільтрації з яблучного соку видалається приблизно 19...32% пектинових, 9,5...18,4% білкових з'єднань, 38,5...45% колоїдів. Видалення з яблучного соку високомолекулярних речовин в зазначеному обсязі дозволяє отримувати освітлений сік з високими харчовими якостями і органолептичними показниками. До переваг застосування ультрафільтрації для освітлення плодово-ягідних соків можна віднести високу якість очищеного соку, особливо за показниками кольору, прозорості і смаку. Крім цього, перевагою є високе вилучення соку, що становить приблизно 98...99%. Обробка ензимів під час ультрафільтрації може бути автоматизована, а витрати знижені до 25% у порівнянні із традиційними способами. Слід також зазначити, що додаткові обробки желатином, бентонітом і кізельгуром можуть бути виключені. Крім вищезазначених переваг ультрафільтрація має низькі виробничі затрати, а також характеризується гігієнічністю конструкції. Після ультрафільтрації соку залишається деяка кількість осаду, що містить вичавки і частину соку, але їх вміст дуже незначний порівняно з тією кількістю, яку отримуються під час класичного процесу обробки. Наприклад, на 1 т соку за класичного способу освітлення утворюється 0,468 м<sup>3</sup> осаду, а під час ультрафільтраційного освітлення ця кількість становить лише 0,025 м<sup>3</sup>. Зіставивши показники якості готової продукції, отриманої під час ультрафільтрації та традиційної обробці, можна стверджувати, що при ультрафільтрації вміст корисних речовин в освітленому соку підвищується в середньому на 10%. Прозорість соку після освітлення

збільшується більш ніж в 10 разів. Мінеральний склад соку, який були освітлено за допомогою мембранного методу стає багатшим порівняно із соком, виготовленим за традиційною технологією. Важливим показником ультрафільтраційного освітлення є те, що мембрани, затримуючи колоїди, пропускають багато цінних компонентів соку. До таких компонентів належать цукри, розчинні вітаміни, амінокислоти, органічні кислоти, а також мінеральні речовини. В результаті харчова і біологічна цінність соку не знижується. Під час проведення процесу освітлення встановлено, що мембранна ультрафільтрація практично не змінює кількісного вмісту спирту, мінеральних речовин, цукру, летючих кислот, а також кислотність середовища. Під час процесу знижується вміст фенольних і азотистих речовин, що призводить до стабільності продукту до білкових, оборотних і необоротних колоїдних помутнень.

На теперішній час були проведені дослідження залежності ступеня освітлення яблучного соку на ультрафільтраційних мембранних установках від діаметра пір мембран. Згідно з експериментальними даними, мембрани з діаметром пор 0,025-0,045 мкм забезпечують високу ступінь видалення колоїдних речовин при збереженні в соку вихідних кількостей цукрів, вітамінів та інших цінних розчинних речовин. Мембрани з великим діаметром пор не дозволяють отримувати необхідну ступінь освітлення. Мембрани з більш дрібними порами мають низькою пропускну здатністю. Проведені дослідження доводять, що ультрафільтрація є економічно ефективним способом освітлення, який має суттєві переваги перед традиційними процесами освітлення. Однак слід зазначити, що соки повинні піддаватися попередній обробці. Дослідження по визначенню впливу попередньої підготовки соку на швидкість і фільтруючу здатність ультрафільтраційних установок при обробці яблучного соку показали, що найбільш ефективна обробка ферментами з подальшою сепарацією. Застосування додаткового освітлення яблучного соку желатином і кізельземом перед ультрафільтрацією показало низьку ефективність. Залежно від типу ультрафільтраційної установки, яблучний сік часто перед ультрафільтрацією обробляють ферментами і сепарують або фільтрують.

*Висновки.* Встановлено, що ультрафільтраційні мембранні установки затримують колоїди, пропускаючи при цьому всі цінні компоненти соку, такі як цукри, мінерали, органічні кислоти, розчинні вітаміни та амінокислоти. В результаті використання ультрафільтраційних апаратів вихід продукту зростає, харчова та біологічна цінність освітлених соків не зменшується, покращується якість кінцевого продукту, що дає змогу отримувати харчові продукти з новими функціональними властивостями і високою харчовою цінністю.

**Список використаних джерел**

1. Bagci P. O. Effective clarification of pomegranate juice: a comparative study of pretreatment methods and their influence on ultrafiltration flux. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 141. P. 58-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.05.009>.
2. Дейниченко Г. В., Дмитревський Д. В., Перекрест В. В. Дослідження процесу теплової обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 1. С. 133-142. DOI: 10.31388/2078-0877-20-1-133-141.
3. Conidi C., Drioli E., Cassano A. Perspective of Membrane Technology in Pomegranate Juice Processing: A Review. *Foods*. 2020. Vol. 9, № 7. P. 889-914. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070889>.
4. Application of membrane technologies in modern conditions of juice production / O. Cherevko, G. Deinychenko, D. Dmytrevskyi, V. Guzenko, H. Heiier, L. Tsvirkun. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Харків: ХДУХТ, 2020. Вип. 2 (32). С. 67-77.
5. Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms / R. C. C. Domingues et al. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 121. P. 73-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.037>.
6. Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale / A. P. Echavarria et al. *LWT-Food Science and Technology*. 2012. Vol. 46, № 1. P. 189-195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.008>.
7. Onsekizoglu P., Bahceci K. S., Acar M. J. Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*. 2010. Vol. 352, № 1-2. P. 160-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.02.004>.
8. Influence of membrane properties on fouling in submerged membrane bioreactors / P. Van der Marel et al. *Journal of Membrane Science*. 2010. Vol. 348. P. 66-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.10.054>.
9. Verma S. P., Sarkar B. Analysis of flux decline during ultrafiltration of apple juice in a batch cell. *Food and Bioprocess Processing*. 2015. Vol. 94. P. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.03.002>.
10. Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review / K. Pavan et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. 2013. Vol. 26, № 9. P. 1347-1358. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13082>.
11. Sharifanfar R., Mirsaedghazi H., Fadavi A., Kianmehr M. H. Effect of feed canal height on the efficiency of membrane clarification of

pomegranate juice. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015. Vol. 39. P. 881-886. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12299>.

## **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОКІВ ІЗ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ**

Дейниченко Г. В., Дмитревський Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. О.

### *Анотація*

У статті проаналізовано сучасне обладнання, яке застосовується для освітлення і концентрування соку. Розглянуто послідовність отримання освітленого соку із застосуванням існуючих технологій і обладнання. Визначено характерні недоліки традиційних технологічних процесів. Обґрунтовано напрями удосконалення процесів концентрування і освітлення соку з плодової сировини, а також необхідність розробки обладнання для їх реалізації. Запропоновано використання мікрофільтраційних і ультрафільтраційних мембранних апаратів для обробки соку. Виявлено причини, які ускладнюють широке застосування мембранних технологій в процесах переробки соків. Впровадження мембранних технологій в процес обробки дозволить збільшити вихід продукту, зберегти харчову і біологічну цінність освітленого соку, поліпшити якість кінцевого продукту.

**Ключові слова:** плодова сировина, яблучний сік, мембранна обробка, ультрафільтрація, мікрофільтрація, концентрування, освітлення.

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОКОВ ИЗ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ**

Дейниченко Г. В., Дмитревский Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. А.

### *Аннотация*

В статье проанализировано современное оборудование, которое применяется для осветления и концентрирования сока. Рассмотрена последовательность получения осветленного сока с применением существующих технологий и оборудования. Определены характерные недостатки традиционных технологических процессов. Обоснованы направления усовершенствования процессов концентрирования и осветления сока из плодового сырья, а также необходимость разработки оборудования для их реализации. Предложено использование микрофилтратационных и ультрафилтратационных мембранных аппаратов для обработки сока. Выявлены причины, которые затрудняют широкое применение мембранных технологий в процессах переработки соков. Внедрение мембранных технологий в процесс обработки позволит увеличить выход продукта, сохранить пищевую и биологическую ценность осветленного сока, улучшить качество конечного продукта.

**Ключевые слова:** плодое сырье, яблочный сок, мембранная обработка, ультрафилтратация, микрофилтратация, концентрирование, осветление.

## ANALYSIS OF APPLICATION OF MEMBRANE APPARATUS FOR THE PRODUCTION OF FRUIT JUICES

G. Deynichenko, D. Dmytrevskiy, V. Guzenko, N. Afukova

### *Summary*

One of the main stages in the production of apple juice is clarification. This process is carried out with the aim of colloidal stabilization of the product during storage, as well as to improve the consumer appearance of the product and its organoleptic properties. In order for the product to comply with international standards, it is necessary to use modern equipment based on advanced technologies. Such equipment includes membrane technologies that provide a higher yield, improve the taste, presentation and nutritional value of fruit and berry juices. At the same time, vitamins, amino acids and other biologically active components are preserved in the products. This is possible thanks to the elimination of preservatives and the heat sterilization step. The combination of various types of membrane processes allows creating energy-efficient technologies for concentrating juices and obtaining new types of products. One of the main areas of application of membranes in juice production is their illumination. Lighting of juices is carried out with the aim of destroying the colloidal system of the product, removing high molecular weight protein, pectin and polyphenolic substances and microorganisms. In this case, a prerequisite is the preservation of biologically active and valuable components, such as vitamins, sugars, mineral and aromatic substances, acids. Recently, membrane methods for the separation of mixtures have become widespread. These technologies are characterized by simplicity, economy and efficiency. The traditional technologies and equipment used for the processing of food liquids are analyzed. The disadvantages of existing technological processes are identified. The expediency of improving the process of lighting juices from fruit raw materials and the creation of equipment for its implementation have been proved. The application of membrane technologies for the processing of juices from fruit raw materials is proposed. The main advantages of the introduction of membrane technologies into the processing process are presented. The disadvantages that complicate the use of membrane technologies in the process of processing liquid media are revealed. The expediency of using ultrafiltration membranes for illumination of apple juice has been substantiated.

**Key words:** fruit raw materials, apple juice, membrane processing, ultrafiltration, microfiltration, concentration, clarification.

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРОМИСЛОВОГО ОЧИЩЕННЯ ВОСКОВОЇ СИРОВИНИ

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Ялпачик В. Ф., д.т.н.,<sup>6</sup>

ORCID: 0000-0002-0349-2448

Петриченко С. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-3424-5316

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Бджолиний віск являє собою складну композицію з більш, ніж трьохсот речовин, 111 з них було ідентифіковано. Складні ефіри (головним чином ефіри цетилового, меліссінового спиртів і відповідних кислот) складають від 70 до 75%, воску. Вільні жирні кислоти (лігноцерінова, церотинова, меліссінова і ін.) - від 12 до 15%. Інші компоненти воску (близько 11%) представлені окси- і кетакіслотами, вуглеводами парафінового ряду, одно- і двохатомними спиртами, мінеральними речовинами, смолами, рослинними пігментами, ароматичними речовинами, вітамінами, холестеринном, тритерпенами і іншими речовинами.

Бджолиний віск має велику цінність: його використовують в багатьох найважливіших галузях промисловості (авіаційній, металургійній, шкіряній, оптичній й ін.). Віск застосовується в медицині, косметології, живопису, прикладному мистецтві. У нашій країні переробляється за рік більш 1,5 тис. т бджолиного воску. Значний відсоток його надходить на воскопереробні підприємства для виготовлення штучної вощини. Її виготовляють тільки з натурального бджолиного воску вищих сортів. Частина воску експортується. За січень-липень 2019 року українські компанії продали 107 тонн воску на 18,1 млн грн. Країни, які купували віск - Польща, Чехія, Азербайджан, Сербія [1]. Для експорту придатний тільки очищений світлий віск. До теперішнього часу не вдалося отримати бджолиний віск на основі хімічного синтезу. Саме тому проблема очищення воскової сировини в промислових масштабах є актуальною [2].

*Аналіз останніх досліджень.* Товарний бджолиний віск отримується при переробці воскової сировини.

Свіжозбудовані стільники складаються майже із чистого воску (97-98%). В процесі життя стільники заповнюються коконами, пергою та іншими домішками. Тому відсоток восковитості знижується.

Воскова сировина - це така сировина, з якої на пасіках отримують бджолиний віск: суш, витопки, мерва.

Суш - це забраковані через старість або різні ушкодження стільники. Такі стільники стають непридатними для виведення в них розплоду або відкладання меду і переробляються на воскову сировину.

Суш поділяється на три сорти. Суш I сорту - біло-жовта або бурштинова маса без перги, меду, молі, цвілі, суха. Восковитість понад 70%. Суш II сорту - темно-коричнева або темна маса без перги, меду та інших домішок, суха. Восковитість складає 55-70%. Суш III сорту - темно-бура або чорна, не просвічується, суха, без меду, перги та інших домішок, а також світліша суш, що містить пергу. Восковитість від 40 до 55%. Суш, яка не відповідає стандартам III сорту, прирівнюється до витопок.

Шматочки воску знаходяться на рамках, поруч з наростами прополісу. До воскової сировини належать вирізки маточників, трутневих стільників; зараховують також відходи, що залишилися після переробки: витопки, пасічну та заводську мерву.

Витопки - це залишки після перетоплювання світлих сортів суші, забруса на різних воскотопках. Витопки після сонячної воскотопки містять від 48 до 52% воску, їх доцільно переробляти на пасіці, а отримані відходи (пасічну мерву) здати на воскозаготівельні пункти [3].

На воскобійних заводах отримують заводську мерву, в якій міститься не менше 20% воску [4].

Залежно від способу переробки бджолиний віск поділяється на 4 групи [5]:

1. Пасічний віск. Віск витоплюється на воскотопках або віджимається на пресах на пасіках. Такий віск вважається високоякісним.

2. Пресовий віск. Його отримують за допомогою різних пресів (гвинтових або гідравлічних) на воскобійних заводах з різної воскової сировини.

Віск із суші вважають високоякісним; він йде на виготовлення штучної вощини. Віск із мерви та витопок має темний колір, знижену твердість і його використовують у шкіряній, текстильній і хімічній галузях промисловості.

3. Екстракційний віск. Його отримують із заводської мерви хімічним способом (за допомогою бензину та інших розчинників). Відрізняється м'якістю й неприємним запахом (сліди бензину, домішки жирів та смол), його використовують при виготовленні взуттєвого крему, лижної мазі.

4. Вибілений віск. Цей вид воску отримується при сонячному або хімічному вибілюванні, його використовують у деяких галузях промисловості для виготовлення кремів, фарб.

Високосортний віск має білий, світло-жовтий, світло-сірий або

світло-коричневий колір, приємний медовий запах. Світло-жовтий віск, що має не медовий запах, а запах прополісу, вважається несортним. Структура поверхні воску гладенька, однорідна, нежирна на дотик, тверда. Структура на зламі - дрібнозерниста, майже завжди однорідного забарвлення.

У восковій сировині, яка переробляється безпосередньо на пасіках, крім воску, містяться різноманітні не воскові домішки: розчинні (мед, личинковий корм), і нерозчинні (коconi лялечок, перга). Вилучення з сировини нерозчинної частки домішок суттєво підвищує якість пасічного воску [4, 5].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є аналіз способів промислового очищення воскової сировини, визначення переваг та недоліків кожного з них та визначення найбільш перспективних с точки зору якості кінцевого продукту та ефективності процесу.

*Основна частина.*

Для очищення воскової сировини використовують механічні та хімічні способи [6].

Механічні способи очищення.

1) Гравітаційне очищення. Може здійснюватися під дією сил тяжіння і за рахунок відцентрових сил на сепараторах та центрифугах.

Очищення під дією сил тяжіння відбувається завдяки осіданню часток, щільність яких перевищує щільність воску, при тривалому відстоюванні в розтопленому стані в ємнісних відстійниках. Очищення на відцентрових сепараторах дозволяє значно прискорити процес відділення механічних домішок (підвищити продуктивність), організувати безперервний процес очищення і підвищити повноту відділення (підвищити ефективність процесу) [7, 8].

Недоліком способу є труднощі з виділенням домішок розмірами 1 мкм і менше, а також неможливість відділити частки, що мають подібну до воску щільність.

2) Очищення методом повільної спрямованої кристалізації воску. Цей метод використовується у бджільництві здавна й дозволяє навіть у домашніх умовах без використання коштовного обладнання дуже якісно очистити віск від домішок. Принцип цього способу полягає у поступовому і тривалому охолодженні воскової сировини (1-3 доби) таким чином, щоб охолодження відбувалось «зверху-вниз», тобто температура верхніх шарів воску була нижча за нижні. Для виконання цих умов зазвичай використовують теплоізолювану ємність, в якій знаходиться нагріта до 90-100 °С очищена вода і розплавлений (температура близько 100 °С) віск. Для поступового охолодження необхідно витримати співвідношення об'єму води до об'єму воску – приблизно 3:1. Крім того для збільшення зони контакту воску з водою ширина (діаметр) ємності повинна бути

більша за її висоту.

При поступовій кристалізації (переході у твердий стан) розплавленої речовини відбувається витискання чужорідних часток (домішок) у розплав. Даний спосіб ґрунтується на хімічному законі, згідно з яким при кристалізації рідини (і застиганні воску) спочатку в найбільш холодному місці кристалізується основна речовина, а вже в останню чергу в найменш холодному місці твердне все, що було розчинено в основній речовині. В умовах поступового охолодження і повільного збільшення в'язкості розплаву частина утримуваних у воску механічних домішок має більш розтягнутий період седиментації.

Так як розплав у способі, описаному вище, знаходиться в нижній частині, то домішки повільно витискаються вниз. Сила тяжіння є додатковим чинником їх руху в нижню частину розплаву.

Для підвищення ступеня очищення процедуру розплавлення-кристалізації повторюють декілька разів.

Переваги такого способу:

- можливість виділити найдрібніші частки домішок воскової сировини (менше 1 мкм);
- значно менша (в 8-10 разів) ніж при відстоювання тривалість процесу;
- не вимагає коштовного обладнання.

3) Виділення домішок під дією змінного електромагнітного поля. Принцип такого очищення заснований на наявності електричного заряду на частинках, які необхідно виділити. В високовольтному електричному полі заряджені частки рухаються у напрямку електродів, де концентруються.

Переваги способу:

- висока продуктивність очищення;
- можливість виділити найдрібніші частки (менше 1 мкм);
- низькі енерговитрати (на порядок менші, ніж при використанні відцентрових сепараторів).

Недоліки:

- принципова схема очищення електродів від домішок не розроблена.

4) Фільтрування

При цьому методі очищення віск пропускають крізь ряд спеціальних фільтрів, що дозволяє з легкістю видалити великі частинки забруднень. Зазвичай цей спосіб використовується на початку технологічної схеми очищення в якості грубої очистки [9]

5) Перетопка у воді

При замішуванні воску з водою і витримці його певний час в такому стані у воді розчиняються водорозчинні домішки. Але переважна більшість забруднень залишаються у воску.

### б) Очищення адсорбентами

Адсорбенти один з найефективніших продуктів для очищення воску від колоїдних домішок (пігментів). Після такої обробки кінцевий матеріал набуває високої якості, і його можна використовувати навіть в косметології. В якості адсорбентів використовують: активоване вугілля, фулерова земля або монтморилоніт. Будь який з них необхідно додати в розплавлений віск у співвідношенні близько 4-10% від усієї маси продукту при безперервному перемішуванні. Після цього суміш вистояють (для адсорбування часток забруднень) і пропускають через фільтри для видалення адсорбентів.

Зменшити адсорбцію воску можна очистивши його розплав в чотирьохлористому вуглеці (тетрахлорометані). Щоб поліпшити показники, рекомендується після введення адсорбенту протягом 40-60 хвилин продути розплав паром або гарячим повітрям при температурі 90-140 °С.

Хімічні способи очищення воскової сировини.

Очищення кислотами.

Колоїдні елементи, що містяться у воску, сильно псують його якість, щоб уникнути попадання в кінцевий продукт таких речовин віск очищають за допомогою хімічних сполук [8]. Наприклад, часто використовується сірчана та соляна кислоти. Також широко застосовується лимонна, оцтова, щавлева й ортофосфорна кислоти. Вже очищений попередньо продукт знову розтоплюють і додають концентровану кислоту. На 100-120 кг воску в залежності від ступеня його забруднення використовують 50-300 мл  $H_2SO_4$  і близько 400 л води. Температура воску при цьому повинна бути не нижче 70 °С. Темний пробійний віск в результаті цього очищається і набуває жовтого кольору.

Можна очистити ще додатково, додавши в віск, що знаходиться в киплячій воді, міцний водний розчин гідропериту. Розчин піде на дно посудини і буде бурхливо кипіти, пронизуючи віск бульбашками повітря. Після такого очищення віск буде світло-жовтим, але його потрібно буде віджати від внесеної в нього бульбашками вологи.

В літературі є інформація стосовно можливості керованого електромагнітного впливу на біологічні об'єкти [11], в тому числі по очищенню воску від домішок методом електростатичної обробки. Однак очищення воску методом відстоювання не дозволяє видалити різні хімічні і колоїдно-хімічні забруднення - вони практично в початкових кількостях залишаються в сировині за рахунок своїх відмінних електростатичних і адсорбційних сил. До колоїдно-хімічних забруднень відносяться: ліпіди личиночного корну і перги, речовини коконів, частина екскрементів. Щоб всі вони перейшли в воду необхідно зняти з них заряди - і сировина відразу ж стане світліше.

*Висновки.* З наведеного аналізу можна зробити висновки по підвищенню якості технологічного процесу очищення воскової сировини.

1) Процес відстоювання воску неефективний з точки зору продуктивності та якості. При витримці при високій температурі активуються окислювальні процеси у воску і колір стає більш темним.

2) Найбільш перспективні з проаналізованих способів очищення – відцентрове очищення на центрифугах, повільна спрямована кристалізація та обробка електричним полем.

### **Список використаних джерел**

1. Редих Э. Какие необычные товары продавала Украина за границу в 2019 году. *Бизнес Цензор*. 2019. URL: <https://biz.censor.net/r3165765> (дата звернення: 12.02.2021).

2. Круговорот воска в природе. *Пасечный Журнал*. 2017. Вып. № 2 (8). С. 40-45.

3. Броварський В. Д., Лосєв О. М., Головецький І. І. Бджолиний віск. Виробництво та зберігання. Київ: НУБІП, 2009. 81 с.

4. Подольський М. С., Котова Г. М., Буренін М. Л. Промислове бджільництво: навчальний посібник. Київ: Вища. школа, 1988. 334 с.

5. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества / Н. В. Бышов и др. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2019. С. 145–149.

6. Иойриш Н. П. Продукты пчеловодства и их использование. - Москва: Россельхозиздат, 1976. 175 с.

7. Продукти бджільництва і їх застосування / уклад.: С І. Стегній, З.А. Городиська. Київ: Вища школа, 1993. 127 с.

8. Некрашевич В. Ф., Попов А. С., Нагаєв Н. Б. Теоретическое исследование процесса отделения воскового сырья центробежными силами. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета*. 2015. № 3 (27). С. 76-79.

9. Шкендеров С., Иванов Ц. Пчелиные продукты. София: Земиздат, 1985. 226 с.

10. Перетопка воска в домашних условиях: лучшие методы. Ферма, сад, огород – сельское хозяйство. 2018. URL: <https://gusiyabloni.com/pchely/parovaja/peretopka-voska-v-domashnih-usloviyah.html> (дата звернення: 12.02.2021).

11. Берека О. М., Усенко С. М., Петриченко С. В. Часткові розряди в зерновій масі під дією сильного електричного поля. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 6. С. 184-190.

## **АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРОМИСЛОВОГО ОЧИЩЕННЯ ВОСКОВОЇ СИРОВИНИ**

Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф., Петриченко С. В.

### *Анотація*

Робота присвячена аналізу способів промислового очищення воскової сировини, визначення переваг та недоліків кожного з них та визначення найбільш перспективних с точки зору якості кінцевого продукту та ефективності процесу.

В роботі проаналізовані основні механічні та хімічні способи, що використовуються для промислового очищення воскової сировини, а саме:

– гравітаційне очищення, яке може здійснюватися під дією сил тяжіння і за рахунок відцентрових сил на сепараторах та центрифугах;

– очищення методом повільної спрямованої кристалізації воску, принцип якого полягає у поступовому і тривалому охолодженні воскової сировини спрямованому «зверху-вниз»;

– виділення домішок під дією змінного електромагнітного поля, принцип якого заснований на можливості керування електричним зарядом, наявним на частинках, які необхідно виділити;

– фільтрування в якості грубої очистки при пропусканні крізь ряд спеціальних фільтрів;

– перетопка у воді, що дозволяє виділити водорозчинні домішки;

– очищення адсорбентами засноване на вистоюванні воску з введеними адсорбентами та наступній фільтрації;

– хімічні методи очищення, засновані на принципі відновлювальних реакцій, при взаємодії воску з кислотами.

Визначено, що найбільш перспективними з проаналізованих способів очищення є відцентрове очищення на центрифугах, повільна спрямована кристалізація та обробка електричним полем

**Ключові слова:** бджолиний віск, очищення, освітлення, електроочищення, кристалізація, перетопка, адсорбція.

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЧИСТКИ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ**

Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф., Петриченко С. В.

### *Аннотация*

Работа посвящена анализу способов промышленной очистки воскового сырья, определению преимуществ и недостатков каждого из них и определению наиболее перспективных с точки зрения качества конечного продукта и эффективности процесса.

В работе проанализированы основные механические и химические способы, используемые для промышленной очистки воскового сырья, а именно:

– гравитационная очистка, которая может осуществляться под действием силы тяжести и за счет центробежных сил на сепараторах и центрифугах;

– очистка методом медленной направленной кристаллизации воска, принцип которого заключается в постепенном и длительном охлаждении воскового сырья направленном «сверху вниз»;

– выделение примесей под действием переменного электромагнитного поля, принцип которого основан на возможности управления электрическим зарядом, имеющимся на частицах, которые необходимо выделить;

- фильтрация в качестве грубой очистки при пропускании через ряд специальных фильтров;
- перетопка в воде, которая позволяет выделить водорастворимые примеси;
- очистка адсорбентами, основанная на настаивании воска с введенными адсорбентами с последующей фильтрацией;
- химические методы очистки, основанные на принципе восстановительных реакций при взаимодействии воска с кислотами.

Определено, что наиболее перспективными из проанализированных способов очистки является центробежная очистка на центрифугах, медленная направленная кристаллизация и обработка электрическим полем

**Ключевые слова:** пчелиный воск, очистка, осветление, электроочистка, кристаллизация, перетопка, адсорбция.

## ANALYSIS OF METHODS OF INDUSTRIAL PURIFICATION OF WAX RAW MATERIALS

K. Samoichuk, V. Yalpachik, S. Petrichenko

### *Summary*

The work is devoted to the analysis of the methods of industrial cleaning of wax raw materials, the determination of the advantages and disadvantages of each of them and the determination of the most promising in terms of the quality of the final product and the efficiency of the process.

The work analyzes the main mechanical and chemical methods used for industrial cleaning of wax raw materials, namely:

- gravitational cleaning, which can be carried out by gravity and by centrifugal forces on separators and centrifuges;
- cleaning by the method of slow directed crystallization of wax, the principle of which is a gradual and long-term cooling of the wax raw material directed "from top to bottom";
- release of impurities under the action of an alternating electromagnetic field, the principle of which is based on the possibility of controlling the electric charge present on the particles that need to be isolated;
- filtration as coarse cleaning when passing through a number of special filters;
- melting in water, which allows you to isolate water-soluble impurities;
- cleaning with adsorbents, based on the infusion of wax with introduced adsorbents, followed by filtration;
- chemical cleaning methods based on the principle of reduction reactions when wax interacts with acids.

It was determined that the most promising of the analyzed cleaning methods are centrifugal cleaning in centrifuges, slow directional crystallization and treatment with an electric field.

**Key words:** beeswax, cleaning, clarification, electric cleaning, crystallization, melting, adsorption.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В ТІСТІ ПРИ ФОРМУВАННІ БУБЛИКІВ

Стадник І. Я., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-4126-3256

Пилипець О. М., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-0957-8282

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

Піддубний В. А., д.т.н.

ORCID: 0000-0001-8051-3743

*Київський національний торговельно–економічний університет*

Веселовська Т. Є., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-3300-7172

*Кам'янець–Подільський національний університет імені Івана Огієнка*

Тел. (097) 545-48-29

*Постановка проблеми* Серед теплових процесів, що застосовуються у виробництві, основне місце займає процес передачі теплоти від її джерел до оброблюваного матеріалу. Обмін енергією між рухомими частинками відбувається внаслідок їх безпосередніх зіткнень. При цьому молекули більш нагрітої частини тіла, що мають більшу енергію, передають частку енергії сусіднім частинкам з меншою енергією. У газах перенесення енергії здійснюється за рахунок дифузії молекул і атомів, у рідинах і твердих діелектриках – пружними хвилями. У металах перенесення енергії здійснюється головним чином дифузією вільних електронів.

Утворювані теплові циркуляційні потоки частіше носять хаотичний характер, що також призводить до порушень загальної теплової циркуляції в середовищі. При цьому рівні таких порушень можуть бути достатньо глибокими із змінами напрямків в його контурах. Таким чином, гідродинамічні режими в нагнітальному вузлі формувальної машини визначаються тепловим потоком, що утворюється в тісті при взаємодії його з поверхнями валкових робочих органів.

Оскільки всі явища (процеси) у природі описуються аналогічними кінетичними рівняннями, то вони мають і аналогічний характер перебігу в часі. Швидкість будь-якого процесу і, отже, швидкість перенесення субстанції після початку дії валкових робочих органів внаслідок інерційності систем змінюється поступово: спочатку зростає до певного максимального значення, деякий час утримується на цьому значенні, а потім, у міру наближення рівноважного стану, поступово уповільнюється до нуля (припинення процесу). Між середовищем і робочим органом постійно виникає додаткова вища температура. Існує різниця температурних

потенціалів  $\Delta t = t_1 - t_2$ , внаслідок якої теплота переходить від більш нагрітої точки до менш нагрітої. Різниця температурних потенціалів  $\Delta t$  розглядуваних точках є мірою відхилення їх стану від рівноваги між ними. Ця різниця спонукає теплоту переходити від нагрітої до менш (холоднішої) точки простору середовища, що знаходиться в просторі між валками. Таким чином, це характеризує різницю потенціалів поверхні валка і самого середовища (тіста).

*Аналіз останніх досліджень.* Визначення температурних потоків при проходженні процесу формування тіста валковими робочими органами відіграє важливу роль для розрахунків конструювання формувального, розкочувального, змішувального обладнання. Проте дослідження [1] процесу стискання тіста між валками тільки кінетики його нагнітання у відриві від самої зміни його структури не дозволяє визначити оптимальні параметри процесу. Зміну фізико-хімічних властивостей тіста при дії робочого органу розглянуто у роботі [2], але не показано методику визначення температури. В дослідженні авторів [3] послідовність і механізм впливу зміни температури на структуру при нагнітанні дріжджового тіста повністю не розглядається. В своїх реологічних дослідженнях автори [4, 5] розкривають значення температури на зміну структури середовища, але методика визначення температурного поля процесу відсутня. Більш наглядно проведено розкриття температурних впливів у роботі [6]. Ним поведено моделювання в'язкого середовища в зазорі між валками та відображено розподіл температури.

Без з'ясування утворення і визначення теплових потоків в дріжджовім тісті неможливо обґрунтувати оптимальні режими і методи управління цим процесом. Тому окрім раціональних механічних дій валків на середовище необхідно підтримувати оптимальну температуру, що має забезпечити приплив живильних речовин до кліток бактерій і необхідний волого- і газообмін.

Аналіз даних дає відповідь на ряд запитань про можливість терморегулювання процесу дії робочих органів на середовище. Тому нами запропоновано методики визначення температурних перепадів у валковому вузлі формувальної машини у порівнянні з новою конструкцією [6].

Наразі така оцінка здійснюється за значенням енергетичного коефіцієнту, запропонованим відомим вченим В.М. Кірпичовим. Цей коефіцієнт визначається як відношення кількості теплоти, переданої через поверхню теплопередачі, до величини роботи, витраченої на подолання гідравлічного опору при переміщенні середовища. На практиці використовують енергетичний коефіцієнт у формі:

$$E = \alpha / N_0,$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі на поверхні при заданих умовах взаємодії, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$N_0$  – енергія, витрачена за 1с на переміщення середовища, віднесена до 1 м<sup>2</sup> поверхні, Вт/м<sup>2</sup>, відповідна енергія визначається виразом:

$$N = \frac{G\Delta p}{\rho F_b},$$

де  $G$  – масова витрата середовища, кг/с;

$\Delta p$  – гідравлічний опір каналу, Па;

$\rho$  – густина середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$F_b$  – робоча площа каналу, м<sup>2</sup>.

Примусовий конвективний теплообмін дозволяє вирівнювати температурне поле в середовищі (неньютонівська рідина) створювати однакові умови у будь-якій зоні робочої камери. Це дає можливість стверджувати, що температура в будь-якій точці через певний проміжок часу зближується, досягаючи середню температуру середовища на початку і кінці процесу нагнітання. Однак нами встановлено [2, 6], що при нагнітанні середовища є суттєва різниця – температура всередині середовища наближається не до температури утвореної на поверхні валкового робочого органу, а до температури близької до початкової 24°.

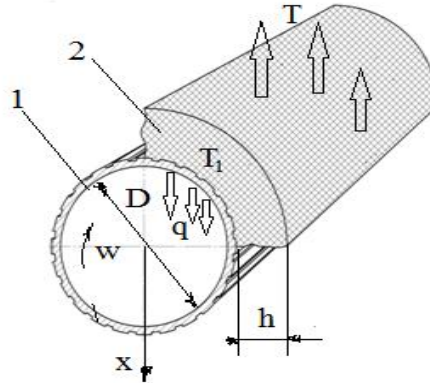
Отже, процес нагнітання через деякий час набуває характеру, який практично можна вважати регулярним режимом теплопровідності. Граничною температурою, до якої прямує температура в середовищі, є температура при заданому тиску нагнітання, що утворюється дією обертових валкових робочих органів. Вона впливає на характер зміни температури і тривалість на стадії нагнітального дискретного режиму. Також для температурного поля в середині середовища має вплив температура оточуючого навколишнього середовища.

Насправді ж ці явища відбуваються одночасно і, звичайно, впливають одне на друге. Конвекція, наприклад, часто супроводжується тепловим випромінюванням, а теплове випромінювання – теплопровідністю і конвекцією.

При проходженні дискретної деформації на середовище валками, виділення тепла на границі розділу відбувається приблизно рівномірно. Цикл розповсюдження досить короткий, і втрати тепла на випромінювання й конвекцію незначні. Тому можна припустити, що бічні поверхні валка перебувають в адіабатичному граничному стані, і що розподіл температури по площині, паралельній поверхні тертя, є рівномірним. Таким чином, температура в цій площині, апроксимується одним значенням у точці перетинання при одномірному аналізі методом кінцевих різниць.

Самі валки разом із тістом є багатошаровою циліндричною

стілкою, що являє собою тільки  $\frac{1}{4}$  взаємного контакту (рис.1). У цьому випадку термічний опір багат шарової циліндричної стінки дорівнює сумі опорів окремих шарів. Перший шар є стінка валка, а наступний шар – середовище, що обробляється. Саме середовище умовно можна поділити на декілька шарів.



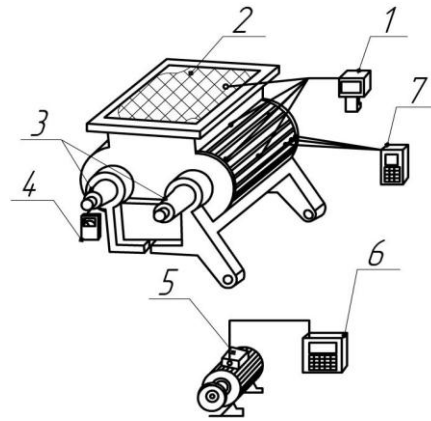
1 – валковий робочий орган, мм; 2 – середовище (тісто);  
 T – постійна температура;  $T_1$  – температура на поверхні фрикційного контакту.

Рис. 1. Схема імпульсного фрикційного контакту.

*Матеріали.* Тісто, вологістю 33%, для бубликів із пшеничного борошна вищого сорту на пресованих дріжджах, готувалося безопарним способом з тривалістю бродіння 60 хвилин при температурі 32 – 33 °С. Якість пресованих дріжджів відповідає ДСТУ. Характеристики борошна пшеничного:

- масова частка води, % – 14,5;
- вміст сирої клейковини, % – 28;
- опір клейковини стисненню на приладі ІДК-1, од. прил. – 54;
- розтяжність клейковини, см – 14.

*Методи.* Дослідження процесу нагнітання і розкатування тіста виконувалося на формувальній машині Б-54 кондитерської фабрики (Тернопіль) та фізичних моделях, створених на кафедрі обладнання харчових технологій (ТНТУ ім. Івана Пулюя). Для визначення виділення тепла на поверхні тертя (границі розділу валок – тісто) виконано побудову зворотної моделі теплопровідності. Розрахунковим шляхом визначено температуру нагріву тіста у зоні контакту з валками та на основі отриманих даних визначено осьове зусилля потоку. Оскільки градієнт температур у твердому тілі визначається за експериментальними вимірами, то тепловий потік можна розрахувати як добуток коефіцієнта теплопровідності твердого тіла на градієнт температур на поверхні. У зворотному завданні теплопровідності використано метод кінцевих різниць для оцінки теплового потоку  $q(t)$  на границі розділу при терті, за умови, що відомі значення перехідної температури на поверхні валка.



1 – тепловізор; 2 – середовище (тісто); 3 – валкові робочі органи; 4 – тахометр; 5 – електродвигун; 6 – ватметр; 7 – потенціометр.

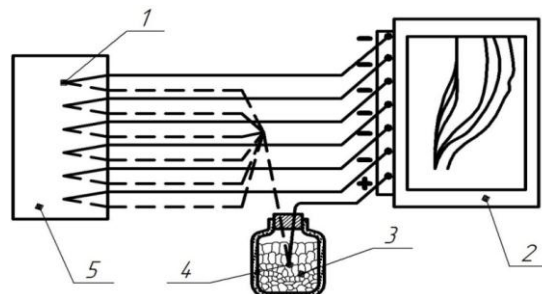
Рис. 2. Схема вузла нагнітання для визначення температурних потоків та потужності.

В роботі використано методику комплексного визначення ефективних теплофізичних характеристик тіста та експериментально встановити залежність теплопровідності  $\lambda$ , об'ємної теплоємності  $c_v$ , температуропровідності  $a$  від температури.

Експериментальні дані по визначенню температури нагрівання валкового робочого органу та тіста в процесі нагнітання одержували за допомогою термопар, які розташовані в зоні взаємодії (рис. 2). Використано гарячий мідно–константановий спай термопар із відповідною градуйованою таблицею.

При комплексних температурних вимірюваннях одночасно в декількох координатах об'єкту використано батарею диференціальних мікротермопарів, в яких кількість одиночних спаїв становить шість. Холодний спай батареї є загальним (рис. 3). Гарячі спаї в батареях рівні кількості точок вимірювального приладу.

Зміну температури фіксували три термопар, що закріплені на поверхні валка відповідно на відстані 5; 15 і 25 мм від торця валка. Дані використано для розрахунку теплового потоку на поверхні в'язкого тертя.



1 – гарячий спай, 2 – багатоточковий електронний потенціометр, 3 – посудина Дьюара, 4 – загальний холодний спай, 5 – досліджуваний об'єкт.

Рис. 3. Схема пристрою для вимірювання температур за допомогою батареї мікротермопар.

Виникаюча термо-ЕДС термопар пропорційна різниці температур гарячого і холодного спаїв, що вимірюється приладами компенсаційного типу – потенціометрами або мілівольтметрами.

Отримані розрахункові значення критерію Кохерна  $G_p$  порівняно з табличним значенням при  $N$  і  $F = K - 1$ .

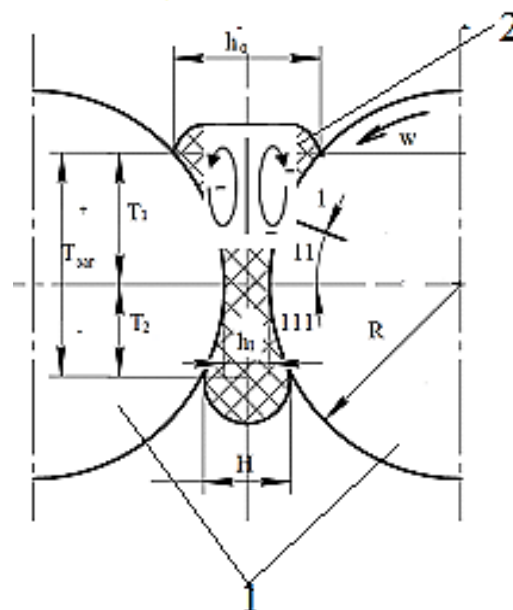
Виміри температури тіста в робочій камері, поверхні валків, навколишнього середовища проводилися із застосуванням тепловізійної зйомки за допомогою тепловізора *Fluke Ti 25*.

*Формулювання цілей статті.* Дослідити поширення теплоти в процесі нагнітання, що ґрунтується на особливостях теплообміну в фазовому середовищі.

*Основна частина.* Тісто між валками зона – 2, воно потрапляє в основну зону – 3 нагнітання, яку відповідно до рисунку 4 можна умовно поділити на три складові – зону інтенсивного тепловиділення – 111, перехідну – 11, та зону відведення тепла – 1. Для цієї частини у більшості конструкцій вузла нагнітання реалізується конвективний тепловий режим, який передбачає одночасну передачу теплоти випромінюванням і конвекцією.

Утворювані теплові циркуляційні потоки частіше носять хаотичний характер, що також призводить до порушень загальної теплової циркуляції в середовищі. При цьому рівні таких порушень можуть бути достатньо глибокими зі змінами напрямків в контурах тіста.

Таким чином, гідродинамічні режими в нагнітальному вузлі формувальної машини визначаються двома причинами. Перша стосується теплового потоку, що утворюється на поверхнях валка. Друга причина стосується утворення потоків за участю газової фази.



1 – обертові валки; 2 – робоче середовище тісто.

Рис. 4. Схема розподілу температури при нагнітванні.

Очевидно, що кожна з названих причин характеризується своїми рушійними факторами. Для першої причини таким фактором є різниця температур середовища і валкового робочого органу теплоносія–охолоджувача. У другому випадку рушійним фактором є присутність диспергованої газової фази. Значення температурних потоків залежить від швидкості руху середовища та дискретності дії валкового робочого органу, маси дріжджового пшеничного тіста у робочій камері і завантажувальному бункері, що призводить до часткового збродження цукру в ньому.

Спосіб оптимального керування енергонавантаженою при фрикційній взаємодії пар тертя тіста з валками при різних режимах нагнітання дозволяє встановити підведену теплоту до його робочих поверхонь. Керування тепловими процесами є необхідним з таких міркувань: обмежити кількість теплоти, акумульованої валками, з метою зменшення термічних напружень; знизити поверхневі температури в тісті нижче допустимих для нього з метою попередження змін структурно–механічних властивостей; забезпечити роботу вузла нагнітання з прийнятною енергонавантаженою з метою підвищення зносо–фрикційних властивостей поверхневого шару валка; встановити взаємозв'язок між темпом зміни температури поверхневих шарів і градієнтом температури як по його поверхні, так і по товщині.

Отже, в досліджуваному середовищі вузла нагнітання первинне енергоджерело присутнє у формі хімічної енергії вуглеводнів, які мають трансформуватися у діоксид вуглецю. При цьому утворення діоксиду вуглецю має подвійний термодинамічний прояв, що супроводжується виділенням теплової енергії і утворенням диспергованої газової фази  $\text{CO}_2$ . Газопроникливість тіста є критерієм оцінки кількості утримуючої газової фази.

Виділена тепла енергія у сполученні з тепловою енергією в'язкого тертя реалізується у формі, яку гіпотетично можливо вважати системою для перетворення теплової енергії у механічну роботу часткового перемішування (зворотного руху) середовища. У відповідності до ідеального циклу Карно ККД такої системи визначається відомою залежністю [3]:

$$\eta = \frac{T_3 - T_2}{T_3}, \quad (2)$$

де  $T_3$  – відповідно абсолютна температура тіста і в'язкого тертя,  $T_3 = T_T + T_{TP}$ ;

$T_2$  – температура тіста на виході з валкового зазору.

Якщо прийняти  $T_3 = 300,3^{\circ} K$  і  $T_2 = 297,4^{\circ} K$ , то маємо

$$\eta = \frac{300,3 - 297,4}{300,3} \cdot 100 = 1,96\%.$$

Оцінка ККД у формі виразу скоріше за все може вважатися помітно наближеною. На режим циркуляції впливають конструктивні параметри, структура тіста (наявність газу) і гравітаційне поле. Однак за значних об'ємів середовища та дискретної дії на нього режим порушується і призводить до обмежених значень ККД.

Несталість значення  $\Delta t$  пов'язана з тим, що зі збільшенням значення  $h_0$  (шару тіста в камері) температура в циркуляційній частині рідинної фази зменшується. Температура має свої найбільші значення при виході тіста із зазору валків. Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  від середовища до стінки валка залежить від фізико-хімічних параметрів середовища, швидкості руху валків, їх конструктивних параметрів; швидкості оновлення рідинної фази в поперечних площинах та площі контакту рідинної фази у валковому зазорі (стискання). Останнє має бути повноцінною реакцією системи на зміну утримуваної здатності по газовій фазі.

Отже, враховуючи складність теоретичного визначення величини конвективного теплового потоку  $\dot{Q}_k$ , при розрахунках використано поняття теплового потоку від стиснення тіста  $\dot{Q}_{cm}$ , що уже містить у собі величину питомої теплоти абсорбції конвективного теплового потоку. Визначення питомої теплоти абсорбції  $q_A$  базується на загальних закономірностях даного масообмінного процесу у вузлі нагнітання. Враховуючи всі термодинамічні процеси, які походять в середовищі під впливом деформації, нами запропоновано методики визначення теплових потоків:

– розрахунок теплового потоку абсорбції. Тепловий потік, що передається до, або від рідинної фази робочого середовища, можна розраховувати за рівнянням [3]:

$$Q_A = q_D \cdot m_A = \frac{q_D \cdot m_{x1} \cdot (\bar{x}_k - x_n)}{\mu_x}, \quad (3)$$

де  $q_D$  – диференціальна теплота розчинення газу (компонента газу);

$m_A$  – масова витрата абсорбованого газу (компонента газу);

$\bar{x}_k$ ,  $x_n$  – кінцева і початкова відносні молярні частки поглинутого газу в рідинній фазі робочого середовища;

$\mu_x$  – молярна маса рідини.

Так як існують технологічні вимоги до пористої структури бублика, тому повинно відбуватися устанавлення у тісті рівноважної концентрації щодо газової фази. Відповідно це описується законом

Генрі [4, 5]

$$x_i = \frac{I}{E} \cdot p_i, \quad (4)$$

де  $x_i$  – молярна концентрація поглинутого газу в тісті, що знаходиться у термодинамічній рівновазі з газовою фазою;

$p_i$  – парціальний тиск поглинутого компонента;

$E$  – константа Генрі, що визначається із залежності:

$$\ln E = -\frac{q_d}{R \cdot T} + const. \quad (5)$$

Для граничних умов, наприклад, за атмосферного тиску маємо:

$$\ln \left( \frac{E}{E_{атм}} \right) = \frac{q_d}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T} \right). \quad (6)$$

Кінцева концентрація поглинутого газу у тісті  $\bar{x}_k$  при розрахунку може бути такою, що дорівнює концентрації за умови рівноваги. Тоді, на підставі вище сказаного, тепловий потік, що передається до, або від тіста в процесі нагнітання, буде:

$$Q_A = \frac{m_x \cdot p \cdot R}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}.$$

Саме тому в загальній теорії розрахунку вузла нагнітання необхідно враховувати процеси абсорбції у робочій камері, які теоретично на цей час зовсім не описані. Можливо, цьому заважає значна складність процесів.

У цій методиці розрахунку витрати абсорбованого газу, як робоча температура, можуть бути взяті середньою температурою газорідинної фази  $t = 0,5 \cdot (t_x + t_y)$  та тиском  $p = 0,5 \cdot (p_{y1} + p_{y2})$ .

Загальний теплообмін поверхні валкового робочого органу із навколишнім середовищем, зважаючи на незначність різниці температур  $T_x - T_{н.с}$ , питомий тепловий потік  $\tilde{q}_{н.с}$  може розглядатися у вигляді:

$$\tilde{q}_{н.с} = \frac{c \cdot (T_{cm} - T_{н.с})^n \cdot F_{cm}}{m_{y1}}, \quad (7)$$

де  $T_{cm}$  – температура зовнішньої стінки валка, що не взаємодіє із середовищем;

$F_{cm}$  – розрахункова поверхня валкового робочого органу;

$c, n$  – емпіричні коефіцієнти, обираються згідно з табл. 1 для

різних типів поверхонь.

Таблиця 1 – Емпіричні коефіцієнти для визначення втрат тепла у навколишнє середовище

Тип поверхні	$\bar{c}$	$\bar{n}$
Вертикальна	1,4	1,33
Горизонтальна верхня	1,7	1,33
Горизонтальна нижня	0,64	1,25

Запропоновані шляхи визначення теплових потоків досить складні і обмежені необхідною інформацією, так як дріжджове тісто постійно з плином часу змінює свої структурно–механічні властивості при його деформації. Є і інші розрахункові шляхи визначення теплових потоків, які ґрунтуються на процесах теплообміну (конвективного, теплопровідності, променистого, теплопередачі), які будуть розглянуті в подальших роботах. Враховуючи всю складність, нами подано узагальнену методику визначення.

– Розрахунок температури тіста. Для отримання рівняння, що описує поширення теплового потоку утвореного в результаті існуючої температури тіста відповідно до рецептури і додаткової температури в'язкого тертя з зовнішнім тертям при фрикційному контакті до поверхні валка, необхідно знайти кількість теплоти, яка проходить через цей шар. Визначення зміни температурних потоків в шару тіста дає можливість розрахувати кількість виділеної теплоти за один цикл обертання валків (нагнітання).

Теплова оцінка процесу течії у валковім зазорі особливо важлива для виробництва бубликової продукції. Розподіл температури по товщині циліндричної стінки (валок і середовище на його поверхні) логарифмічно залежить від координати  $r$ . На основі закону Фур'є щільність теплового потоку  $q$  визначається із рівняння:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dr} = -\frac{\lambda(T_1 - T_2)}{r \ln(r_2 / r_1)} = \frac{\lambda(T_2 - T_1)}{r \ln(r_2 / r_1)},$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки валка, Вт/мК.

У нашому випадку кількість теплоти, яка поступає із тістом і проходить через циліндричну стінку, віднесена до одиниці довжини циліндра, може бути визначена за формулою:

$$Q = qA = q2r\pi = \frac{2\pi\lambda(T_1 - T_2)}{r \ln(r_2 / r_1)},$$

де  $A = 2\pi rl$ , при цьому  $Q$  залежить від  $r$ , оскільки теплота

акумулюється в середовищі, що обробляється.

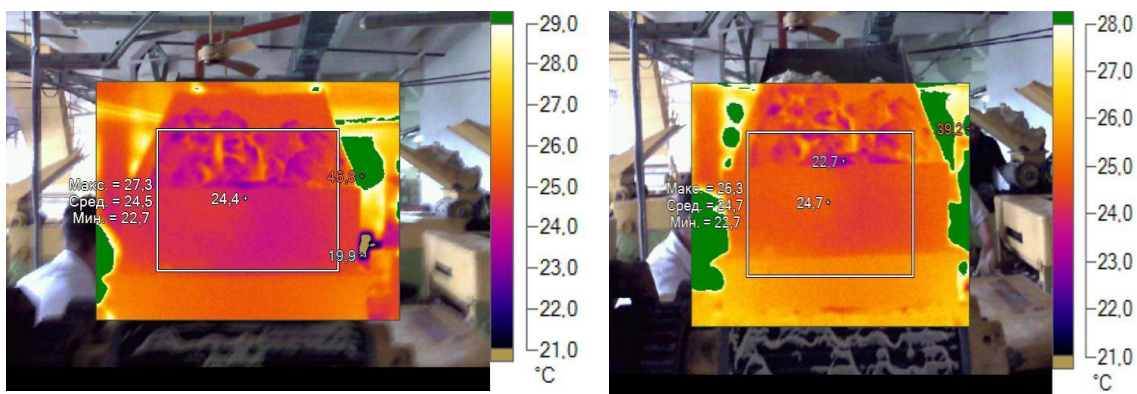
Розглянемо одновимірний процес теплопровідності на циліндричній стінці валка з радіусом  $r_1$  і зовнішнім радіусом шару тіста  $r_2$ ; коефіцієнт теплопровідності тіста є постійна величина. На поверхні стінки вище згаданим дослідним шляхом визначено температуру.

Умови вирішення задачі повинні містити рівняння теплопровідності у наступному вигляді:

$$\frac{d^2T}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dT}{dr} = 0.$$

– Визначення температури валка і тіста приладами. При визначенні коефіцієнтів, що входять до рівняння, необхідно враховувати той факт, що на ділянці стиснення величина температурного напору за кутом повороту весь час змінюється, а величина коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  може бути визначена досить приблизно, оскільки при її визначенні необхідно враховувати наявність ділянки, що впливає на теплообмін. Також потрібно знати швидкість руху робочого середовища у зоні обертових валків. Ці величини можна визначити експериментально, але дослідження з цього приводу поки що не виконувалися.

З метою якісної оцінки зміни температури в тісті та теплових втрат у навколишнє середовище, які, як відомо, залежать від величини його деформації та біологічних процесів, було виконано тепловізійну зйомку дослідної установки в цілому, результати якої наведені на рис. 5. Тепловізійна зйомка виконувалася для цілого ряду старих та нових валкових робочих органів при заданих технологічних режимах роботи формувальної машини.



а)

б)

а) – нова конструкції валків; б) – існуючої конструкції валків.

Рис. 5. Тепловізійна зйомка вузла нагнітання.

Аналізуючи наведені результати вимірювань та обчислень

можна зробити такі загальні обґрунтування дії обертових валків на середовище:

– температура робочого середовища у радіальному напрямі збільшується при наближенні до робочого валка з перепадом у  $(4 - 7)^\circ\text{C}$  при швидкостях  $u = (0,4 - 1) \text{ м/с}$  та відносному радіусу середовища на валку і самого валка  $r_2/r_1 = 1,2$ ; величина цього перепаду залежить від величини ступеня підвищення стискування;

– температура робочого середовища на ділянці стиснення і нагнітання практично змінюється за кутом повороту валка, що свідчить про інтенсивне її транспортування і часткове перемішування;

– температура поверхні корпусу валка  $t_{\text{пов.}}$  розподілена за кутом його повороту рівномірно, при збільшенні тиску нагнітання зростає лінійно та повторює зростання температури на виході з різницею близько  $7^\circ\text{C}$ ;

– температура робочого середовища та поверхні валка в осьовому напрямку розподілена рівномірно у нових конструкціях. При визначенні температури в осьовому напрямку не було виявлено жодної її зміни.

*Висновок.* Із наведених загальних обґрунтованих видів впливу обертового валкового робочого органу на тісто можна зробити висновок:

– інтенсифікувати процес нагнітання можливо шляхом забезпечення сталості температур;

– збільшення поверхні теплообміну;

– доцільним є виготовлення валка з матеріалу, що має максимальну теплопровідність;

– інтенсифікація процесу теплопровідності через стінку валка і тепловіддачі від стінки валка до внутрішньої пустотілої циліндричної поверхні;

– збільшення теплових втрат у навколишнє середовище (віддача тепла валком поверхнею, що не контактує з тістом).

### **Список використаних джерел**

1. Стадник І. Я. Науково–технічні основи процесів та розробка обладнання для безлопатевого замішування тіста: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12 / НУХТ. Київ, 2014. 40 с.

2. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія / А. І. Соколенко та ін. Київ: Фенікс, 2012. 484 с.

3. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник. Москва: Высшая школа, 1980. 469 с.

4. Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Піддубний В. А. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія. Київ: Люксар, 2008. 443 с.

5. Стадник І. Я., Лісовенко О. Т. Процеси та машини для замішування тіста. Тернопіль: ТНТУ, 2011. 212 с.

6. Methodology of determination of temperature flows in the zone of action of valveworking swath / A. Derkach, I. Stadnyk, V. Sukhenko, V. Vasylyv. *Journal of Prodindastrі APK*. 2017. № 3. P. 19–23.

7. Bloksma A., Niemann W. The effects of temperature on some rheological properties of wheat flour doughs. *Journal of Texture studies*, 1975. Vol. 6, № 3. P. 343–361. DOI: 10.1111/J.1745-4603.1975.TB01130.X.

8. Simulation of components mixing in order to determine rational parameters of working bodies / I. Stadnyk, T. Vitenko, P. Drozdziel, A. Derkach. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016. Vol. 10, № 31. P. 130-138. DOI: 10.12913/22998624/64068.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛООБМІНУ В ТІСТІ ПРИ ФОРМУВАННІ БУБЛИКІВ

Стадник І. Я., Пилипець О. М., Піддубний В. А., Веселовська Т. Є.

### *Анотація*

Проведено аналітичний аналіз дії валків на середовище та його поведінка при деформаційних впливах, запропоновано шляхи вибору оптимального варіанта процесу для забезпечення максимального або мінімального значення параметрів (критерію). Розглянуто фізичну сутність рівняння енергетичних потоків інтенсивності деформації маси середовища. Розглянуто вплив теплових циркуляційних хаотичних потоків, характер яких призводить до порушень загальної теплової циркуляції в середовищі при нагнітанні. Рівні таких порушень можуть бути достатньо глибокими із змінами напрямків в їх контурах, які впливають на процес, відповідно до кожного певного періоду стадії деформації у вузлі нагнітання формувальної машини.

Частково розкрито методики визначення зміни температурних потоків в тісті і на поверхні валка, на основі яких розглянуто зміну енергетичного потенціалу при взаємодії в'язкого середовища із обертовими валковими робочими органами у формувальній машині.

**Ключові слова:** тісто, нагнітання, теплопровідність, поширення теплоти, тепловий потік, валок, фаза, середовище.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕСТЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СУШКИ

Стадник И. Я., Пилипец О. М., Поддубный В. А., Веселовская Т. Е.

### *Аннотация*

Проведен аналитический анализ действия валков на среду и её поведение при деформационных воздействиях, предложены пути выбора оптимального варианта процесса для обеспечения максимального или минимального значения параметров (критерия). Рассмотрена физическая сущность уравнения энергетических потоков интенсивности деформации массы среды. Рассмотрено влияние тепловых циркуляционных хаотических потоков, характер которых также приводит к нарушениям общей тепловой циркуляции в среде при нагнетании. Уровни таких нарушений могут быть достаточно глубокими с изменениями направлений в их

контурах, которые влияют на процесс, в соответствии с каждого определенного периода стадии деформации в узле нагнетания формовочной машины.

Частично раскрыто методики определения изменения температурных потоков в тесте и на поверхности вала, на основе которых рассмотрено изменение энергетического потенциала при взаимодействии вязкой среды с вращающимися валковыми рабочими органами в формовочной машине.

**Ключевые слова:** тесто, нагнетания, теплопроводность, распространение теплоты, тепловой поток, валок, фаза, среда.

## **SPECIFIC FEATURES OF HEAT EXCHANGE IN THE TEST WHEN FORMING THE DRYING**

I. Stadnik, O. Pilipets, V. Poddubny, T. Veselovskaya

### *Summary*

The analytical analyses of roller impact on the medium and its behavior at deformation influences are carried out, ways of choosing an optimal variant of the process for providing the maximum or minimum value of parameters (criterion) are proposed. The physical essence of the equation of energy flows of the intensity of deformation of the mass of the medium, which depends on the method of applying mechanical forces, the degree of its previous dispersion (recipe) and its physical and mechanical properties, is considered. For a more visual view and understanding of the overall performance of the research, a scheme of causal relationships between the medium and the roll, which determine the temperature change of the dough injection process, is proposed. It is noted that the determination of the influence of the temperature of deformation processes during the passage of the process of injection of the medium by roller working bodies plays an important role for calculations of the design of molding, roll-over equipment. The influence of thermal circulatory chaotic streams is considered, the character of which also leads to violations of the general heat circulation in the medium during the injection. At the same time, the level of such violations may be sufficiently deep with changes in the directions in their contours that influence the process, according to each particular period of the deformation stage in the injection site of the molding machine.

**Key words:** dough, injection, heat conduction, heat propagation, heat flux, roll, phase, medium.

УДК 631.354.3

DOI:10.31388/2078-0877-2021-21-1-66-73

## ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПРИЧЕПА-ВІЗКА ДЛЯ ЗБИРАННЯ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Леженкін О. М., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-2822-8173

Малюта С. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-7824-4609

Михайленко О. Ю., інженер,

ORCID: 0000-0001-7587-4544

Дмитрієв Ю. О., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-24-36

*Постановка проблеми.* Як відомо, збирання врожаю є ключовою операцією в загальному технологічному ланцюгу вирощування зернових культур. На сьогодні основним методом збирання є комбайновий.

Однак, він має ряд суттєвих недоліків:

- високі втрати зерна та незернової частини врожаю, а саме соломи та полови;
- залежність збирального процесу від впливу погодних чинників;
- велика собівартість збирання;
- руйнівний вплив на ґрунт ходових систем комбайнів;
- велика маса комбайнів, що веде до збільшення витрат палива на самопересування;
- недостатня продуктивність на збиранні вологих хлібів.

У зв'язку з чим були розроблені альтернативні способи збирання, найбільш ефективним з яких є метод обчісування рослин на корені, з обробітком вороху на стаціонарі.

Для обчісування рослин була розроблена причіпна збиральна машина [1-3], яка агрегується з трактором МТЗ-80. Збір обчісаного вороху здійснюється в причеп-візок 2ПТС-4.0, який чіпляється до збиральної машини. Для забезпечення стійкого руху причепа-візка виникає задача визначення допустимих значень швидкості його руху.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретичні основи стійкості руху механічної системи розглянуті О. М. Ляпуновим в роботі [4]. Подальший розвиток теорії стійкості руху отримано в роботах І. Г. Малкіна [5] та Д. Р. Меркіна. [6].

У галузі механізації сільськогосподарського виробництва дослідженнями стійкості руху причіпних ґрунтообробних машин займався П. М. Василенко. [7,8]. Динаміка та стійкість руху

сільськогосподарських машин та агрегатів розглянута у роботах Л. В. Гячева. [9,10]. Стосовно причіпних зернозбиральних машин динаміка їх руху викладена в роботах [11-13]. В цих роботах розглянуто питання динаміки та складання диференціальних рівнянь руху збирального агрегату, але обґрунтування режиму руху його окремих ланок, за умов забезпечення стійкості їх руху, в них не наводяться.

*Постановка завдання.* Розглянути стійкість руху причепа для збирання обчисаного вороху та обґрунтувати допустиме значення його швидкості.

*Основна частина.* У роботі [14] розглянута динаміка окремих ланок збирального агрегату, для чого в'язі замінені їх реакціями. В результаті теоретичних досліджень отримана система диференціальних рівнянь в остаточному вигляді:

$$\begin{aligned} d_0\ddot{\phi}_3 + d_1\dot{\phi}_3 + d_2\phi_3 + d_3\phi_3 + d_4\ddot{\phi}_4 + d_5\dot{\phi}_4 &= 0; \\ l_0\ddot{\phi}_3 + l_1\dot{\phi}_3 + l_2\phi_3 + l_3\ddot{\phi}_4 + l_4\dot{\phi}_4 + l_5\phi_4 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\phi_3$  та  $\phi_4$  - узагальнені координати;

$d_0, d_1, \dots$  - коефіцієнти I диференціального рівняння;

$l_0, l_1, \dots$  - коефіцієнти II диференціального рівняння.

Для подальшого аналізу складемо характеристичне рівняння системи диференціальних рівнянь (1), для цього підставимо в рівняння (1)  $\phi_3 = \delta e^{\lambda t}$  і  $\phi_4 = \varepsilon e^{\lambda t}$ :

$$\begin{aligned} d_0 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda^3 + d_1 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda^2 + d_2 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda + d_3 \cdot \delta e^{\lambda t} + d_4 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} \cdot \lambda^3 + d_5 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} \cdot \lambda^2 = \\ = \delta e^{\lambda t} (d_0 \cdot \lambda^3 + d_1 \cdot \lambda^2 + d_2 \cdot \lambda + d_3) + \varepsilon e^{\lambda t} \cdot (d_4 \cdot \lambda^3 + d_5 \cdot \lambda^2) = 0; \\ l_0 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda^3 + l_1 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda^2 + l_2 \cdot \delta e^{\lambda t} \cdot \lambda + l_3 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} \cdot \lambda^3 + l_4 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} \cdot \lambda^2 + \\ + l_5 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} \cdot \lambda + l_6 \cdot \varepsilon e^{\lambda t} = \delta e^{\lambda t} (l_0 \cdot \lambda^3 + l_1 \cdot \lambda^2 + l_2 \cdot \lambda) + \\ + \varepsilon e^{\lambda t} (l_3 \cdot \lambda^3 + l_4 \cdot \lambda^2 + l_5 \cdot \lambda + l_6) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Позначимо через:

$$\begin{aligned} r_{11} &= d_0 \cdot \lambda^3 + d_1 \cdot \lambda^2 + d_2 \cdot \lambda + d_3; \\ r_{12} &= d_4 \cdot \lambda^3 + d_5 \cdot \lambda^2; \\ r_{21} &= l_0 \cdot \lambda^3 + l_1 \cdot \lambda^2 + l_2 \cdot \lambda; \\ r_{22} &= l_3 \cdot \lambda^3 + l_4 \cdot \lambda^2 + l_5 \cdot \lambda + l_6. \end{aligned} \quad (3)$$

Характеристичні рівняння системи (1) можна представити у вигляді визначника другого порядку:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{vmatrix} = 0. \quad (4)$$

Розкриємо визначник (4).

$$r_{11} \cdot r_{22} - r_{21} \cdot r_{12} = 0. \quad (5)$$

Підставимо значення  $r_{ij}$  в формулу (4):

$$\begin{aligned} & (d_0 \cdot \lambda^3 + d_1 \cdot \lambda^2 + d_2 \cdot \lambda + d_3) \cdot (\ell_3 \cdot \lambda^3 + \ell_4 \cdot \lambda^2 + \ell_5 \cdot \lambda + \ell_6) - \\ & - (d_4 \cdot \lambda^3 + d_5 \cdot \lambda^2) \cdot (\ell_0 \cdot \lambda^3 + \ell_1 \cdot \lambda^2 + \ell_2 \cdot \lambda) = \lambda^6 (d_0 \ell_3 - d_4 \ell_0) + \\ & + \lambda^5 (d_0 \ell_4 + d_1 \ell_3 - d_4 \ell_1 - d_5 \ell_0) + \lambda^4 (d_0 \ell_5 + d_1 \ell_4 + d_2 \ell_3 - d_2 \ell_2 - d_5 \ell_1) + \\ & + \lambda^3 (d_0 \ell_6 + d_1 \ell_5 + d_2 \ell_4 + d_3 \ell_3 - d_5 \ell_2) + \lambda^2 (d_1 \ell_6 + d_2 \ell_5 + d_3 \ell_4) + \\ & + \lambda (d_2 \ell_6 + d_3 \ell_5) + d_3 \ell_6 = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Характеристичне рівняння системи диференціальних рівнянь має вигляд:

$$\lambda^6 \cdot p_0 + \lambda^5 \cdot p_1 + \lambda^4 \cdot p_2 + \lambda^3 \cdot p_3 + \lambda^2 \cdot p_4 + \lambda \cdot p_5 + p_6 = 0. \quad (7)$$

Коефіцієнти характеристичного рівняння (7) мають значення:

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= d_0 \ell_3 - d_4 \ell_0; \\ p_1 &= d_0 \ell_4 + d_1 \ell_3 - d_4 \ell_1 - d_5 \ell_0; \\ p_2 &= d_0 \ell_5 + d_1 \ell_4 + d_2 \ell_3 - d_2 \ell_2 - d_5 \ell_1; \\ p_3 &= d_0 \ell_6 + d_1 \ell_5 + d_2 \ell_4 + d_3 \ell_3 - d_5 \ell_2; \\ p_4 &= d_1 \ell_6 + d_2 \ell_5 + d_3 \ell_4; \\ p_5 &= d_2 \ell_6 + d_3 \ell_5; \\ p_6 &= d_3 \ell_6. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Таким чином, характеристичне рівняння не має нульових значень. Рух причепа-візка, згідно теореми Гурвіца [5], є асимптотично стійким, якщо виконуються умови стійкості:

$$p_0 > 0; p_1 > 0; p_2 > 0; p_3 > 0; p_4 > 0; p_5 > 0; p_6 > 0.$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} p_1 & p_0 & 0 & 0 \\ p_3 & p_2 & p_1 & p_0 \\ p_5 & p_4 & p_3 & p_2 \\ 0 & 0 & p_5 & p_4 \end{vmatrix} > 0. \quad (9)$$

Проаналізуємо нерівності (9), для чого введемо коефіцієнти:

$$D_0 = I_{C_2} \cdot M + m_{np} \cdot d_1^2 \cdot M - d_1 \cdot r_2 \cdot K \cdot m_{np};$$

$$D_1 = I_{C_2} \cdot M \cdot k_N + m_{np} \cdot d_1^2 \cdot M \cdot k_N + r_2 \cdot d_1 \cdot m_{np} \cdot M \cdot k_N - d_1 \cdot r_2 \cdot K \cdot k_N \cdot m_{np};$$

$$\begin{aligned}
D_2 &= N \cdot d_1; \\
D_3 &= N; \\
D_4 &= m_{np} \cdot r_2 \cdot d_1 \cdot K - I_N \cdot K - m_{np} \cdot r_2^2 \cdot K; \\
D_5 &= k_N \cdot K \cdot I_N + m_{np} \cdot r_2^2 \cdot K \cdot k_N; \\
L_0 &= m_{np} \cdot r_2 \cdot d_1; \\
L_1 &= k_N \cdot m_{np} \cdot r_2 \cdot d_1; \\
L_2 &= M \cdot d_1; \\
L_3 &= I_N + m_{np} \cdot r_2^2; \\
L_4 &= k_N \cdot I_N + k_N \cdot m_{np} \cdot r_2^2; \\
L_5 &= d_2 \cdot M; \\
L_6 &= M.
\end{aligned} \tag{10}$$

Тоді коефіцієнти системи диференціальних рівнянь (1) руху причепа-візка приймають вигляд:

$$\begin{aligned}
d_0 &= D_0; & \ell_0 &= L_0; \\
d_1 &= D_1 \cdot V_{O_1}; & \ell_1 &= V_0 \cdot L_1; \\
d_2 &= -D_2; & \ell_2 &= -L_2; \\
d_3 &= -V_{O_1} \cdot D_3; & \ell_3 &= L_3; \\
d_4 &= D_4; & \ell_4 &= V_0 \cdot L_4; \\
d_5 &= -V_{O_1} \cdot D_5; & \ell_5 &= -L_5; \\
& & \ell_6 &= -V_{O_1} \cdot L_6.
\end{aligned} \tag{10}$$

Підставимо у вираз (10) значення коефіцієнтів  $d_i$  і  $\ell_i$ .

$$\begin{aligned}
P_0 &= D_0 L_3 - D_4 L_0 > 0; \\
P_1 &= D_0 \cdot V_0 \cdot L_4 + D_1 \cdot V_{O_1} \cdot L_3 - D_4 \cdot V_{O_1} \cdot L_1 + V_0 \cdot D_5 L_0 > 0; \\
P_2 &= -D_0 L_5 + D_1 \cdot V_{O_1} \cdot V_0 \cdot L_4 - D_2 L_3 - D_2 L_2 + D_5 \cdot V_0 \cdot V_0 \cdot L_1 > 0; \\
P_3 &= -D_0 \cdot V_0 \cdot L_6 - D_1 \cdot V_{O_1} \cdot L_5 - D_2 \cdot L_4 \cdot V_0 - D_3 \cdot V_{O_1} \cdot L_3 - D_5 \cdot V_0 \cdot L_2 > 0; \\
P_4 &= -D_1 \cdot V_{O_1} \cdot V_{O_1} \cdot L_6 + D_2 L_5 - D_3 \cdot V_0 \cdot V_0 \cdot L_4 > 0; \\
P_5 &= D_2 \cdot V_0 \cdot L_6 + D_3 \cdot V_0 \cdot L_5 > 0; \\
P_6 &= D_3 \cdot V_0 \cdot V_0 \cdot L_6 > 0.
\end{aligned} \tag{11}$$

Проаналізуємо отримані нерівності. З огляду на те, що  $V_{O_1} \neq 0$  можна другу, четверту, шосту й сьому нерівності розділити на  $V_{O_1}$ , тоді тільки третя й п'ята нерівності будуть містити швидкість. Виразимо критичне значення швидкості руху, при якій причеп-візок буде зберігати стійкий рух, для чого складемо третє й п'яте нерівності.

$$\begin{aligned}
 & -D_0 \cdot L_5 + D_1 \cdot V_{0_1}^2 \cdot L_4 - D_2 \cdot L_3 - D_2 \cdot L_2 + V_0^2 \cdot D_5 \cdot L_1 - D_1 \cdot V_{0_1}^2 \cdot L_6 + D_2 \cdot L_5 + \\
 & + V_{0_1}^2 \cdot L_4 \cdot D_3 > 0; \\
 & D_2 \cdot L_5 - D_0 \cdot L_5 - D_2 \cdot L_3 - D_2 \cdot L_2 \triangleright D_1 \cdot V_{0_1}^2 \cdot L_6 - D_1 \cdot V_{0_1}^2 \cdot L_4 - \\
 & - V_0^2 \cdot D_5 \cdot L_1 - V_{0_1}^2 \cdot L_4 \cdot D_3;
 \end{aligned}$$

$$V_{0_1} < \sqrt{\frac{D_2 \cdot L_5 - D_0 \cdot L_5 - D_2 \cdot L_3 - D_2 \cdot L_2}{D_1 \cdot L_6 - D_1 \cdot L_4 - D_5 \cdot L_1 - L_4 \cdot D_3}}. \quad (12)$$

*Висновки.* В результаті проведених аналітичних досліджень стійкості руху причепа-візка отримана система нерівностей, розв'язання якої дозволила визначити допустиме значення швидкості руху причепа-візка для збирання обчисаного вороху.

### Список використаних джерел

1. Леженкин А. Н. Машина с очесывающим устройством. *Сельский механизатор*. 2004. № 12. С. 2.
2. Леженкин О. М., Григоренко С. М. Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермерських господарств. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 2. С. 194-202.
3. Леженкин А. М., Григоренко С. М. Результаты полевых испытаний уборочной машины для фермерских и крестьянских хозяйств. *Техника АПК*. 2007. № 3. С. 30-32.
4. Ляпунов А. М. Общая задача об устойчивости движения. Москва: Гостехиздат, 1950. 479 с.
5. Малкин И. Г. Теория устойчивости движения. Москва: Наука, 1966. 530 с.
6. Меркин Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения. Москва: Наука, 1971. 312 с.
7. Василенко П. М. Элементы теории устойчивости движения прицепных сельскохозяйственных машин и орудий. *Сборник трудов по земледельческой механике*. Москва, 1954. С. 73-92.
8. Василенко П. М. О методике механико-математических изысканий при разработке сельскохозяйственной техники. Москва, 1962. 230 с.
9. Гячев Л. В. Динамика машинно-тракторных агрегатов. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1976. 192 с.
10. Гячев Л. В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов. Москва: Машиностроение, 1981. 206 с.
11. Леженкин А. Н. Дифференциальные уравнения движения уборочного агрегата. *Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК*. Ярославль, 2003. Ч. 3. С. 107-117.
12. Леженкин А. Н. Динамика очесывающего агрегата при уборке зерновых культур. *Механизация и электрификация сельского*

хозяйства. 2004. № 12. С. 24-25.

13. Леженкин А. Н. Дифференциальные уравнения прицепного уборочного агрегата при прямолинейном и равномерном движении центра масс трактора. *Известия междунар. академии аграрного образования*. Санкт-Петербург, 2008. Вып. 6: Механизация и электрификация технологических процессов АПК, т. 1. С. 76-84.

14. Динаміка зернозбиральних агрегатів: монографія / В. М. Булгаков, Г. М. Калетнік, І. В. Гриник, О. М. Леженкін. Київ: Аграрна наука, 2010. 276 с.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПРИЧЕПА-ВІЗКА ДЛЯ ЗБИРАННЯ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ**

Леженкін О. М., Малюта С. І., Михайленко О. Ю., Дмитрієв Ю. О.

### *Анотація*

Стаття присвячена аналізу руху причепа-візка для збору обчісаного вороху, який є елементом зернозбирального агрегату, який складається з колісного трактору, причіпної збиральної машини з робочими органами обчісуючого типу, причепа-візка для збору обчісаного вороху.

Технологічний процес функціонування збирального агрегату полягає у наступному. При русі агрегату по полю обчісуючий пристрій збиральної машини обчісує рослини, повітряний потік, що утворюється при обертанні обчісуючих барабанів, подає обчісаний ворох у приймальну камеру, звідки пневмомеханічний транспортер транспортує його у причеп-візок для збирання обчісаного вороху.

Під час руху агрегату по полю під дією зовнішніх чинників ланки агрегату відхиляються від прямолінійної траєкторії. У зв'язку з чим виникає задача дослідження стійкості руху.

Для спрощення аналізу руху трьохланкового збирального агрегату в'язі буди замінені їх реакціями і розглядався рух кожної ланки окремо. Для аналізу стійкості руху причепа-візка було використано систему диференціальних рівнянь його руху : на першому етапі аналізу стійкості руху було складено характеристичні рівняння системи диференціальних рівнянь.

Характеристичні рівняння були представлені у вигляді визначника другого порядку. Після алгебраїчних перетворень було отримано характеристичне рівняння системи диференціальних рівнянь в остаточному вигляді.

Аналіз стійкості руху причепа-візка виконувався за допомогою теореми Гурвіца для чого буди визначені коефіцієнти характеристичного рівняння і, згідно теореми Гурвіца, були сформульовані умови, при яких рух причепа-візка є асимптотично стійким, а саме необхідність додатних значень коефіцієнтів характеристичного рівняння. Після проведення необхідних алгебраїчних перетворень було отримано систему лінійних нерівностей, аналіз якої дозволяє визначити допустиме значення швидкості руху причепа-візка при якому зберігається його стійкий рух.

**Ключові слова:** обчісування рослин на корені, збиральний агрегат, стійкість руху, диференціальні рівняння, швидкість руху.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИЦЕПА-ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ СБОРА ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ

Леженкин А. Н., Малюта С. И., Михайленко Е. Ю., Дмитриев Ю. А.,

### *Аннотация*

Статья посвящена анализу движения прицепа-тележки для сбора очесанного вороха, который является элементом зерноуборочного агрегата, состоящего из колесного трактора, прицепной уборочной машины с рабочими органами очесывающего типа, прицепа-тележки для сбора очесанного вороха.

Технологический процесс функционирования уборочного агрегата заключается в следующем. При движении агрегата по полю очесывающее устройство уборочной машины очесывает растения, воздушный поток, образующийся при вращении очесывающих барабанов, подает очесанный ворох в приемную камеру, откуда пневмомеханический транспортер транспортирует его в прицеп-тележку для сбора очесанного вороха.

Во время движения агрегата по полю под действием внешних факторов звенья агрегата отклоняются от прямолинейной траектории. В связи с чем возникает задача исследования устойчивости движения.

Для упрощения анализа движения трехзвенного уборочного агрегата были заменены их реакциями и рассматривалось движение каждого звена в отдельности. Для анализа устойчивости движения прицепа-тележки была использована система дифференциальных уравнений его движения: на первом этапе анализа устойчивости движения было составлено характеристические уравнения системы дифференциальных уравнений.

Характеристические уравнения были представлены в виде определителя второго порядка. После алгебраических преобразований было получено характеристическое уравнение системы дифференциальных уравнений в конечном виде.

Анализ устойчивости движения прицепа-тележки выполнялся с помощью теоремы Гурвица для чего были определены коэффициенты характеристического уравнения и, согласно теореме Гурвица, были сформулированы условия, при которых движение прицепа-тележки является асимптотически устойчивым, а именно необходимость положительных значений коэффициентов характеристического уравнения. После проведения необходимых алгебраических преобразований было получено систему линейных неравенств, анализ которой позволяет определить допустимое значение скорости движения прицепа-тележки при котором сохраняется его устойчивое движение.

**Ключевые слова:** очесывание растений на корне, уборочный агрегат, устойчивость движения, дифференциальные уравнения, скорость движения.

## DETERMINATION OF PERMISSIBLE VALUES OF MOVEMENT SPEED OF THE TRAILER-TROLLEY FOR COLLECTING CLEANED GRAIN SPEED

O. Lezhenkin, S. Maliuta, O. Mykhailenko, Yu. Dmitriev

### *Summary*

The article is devoted to the analysis of the movement of the trailer-trolley for collecting the combed heap, which is an element of the grain-harvesting unit, which

consists of a wheeled tractor, the trailer harvesting machine with working bodies of the combed type, the trailer-trolley for collecting the combed heap.

The technological process of operation of the harvesting unit is as follows. When the unit moves on the field, the combing device of the harvesting machine combs the plants, the air flow generated by the rotation of the combing drums feeds the combed heap into the receiving chamber, where the pneumatic conveyor transports it to the trailer-trolley to collect the combed heap.

During the movement of the unit in the field under the action of external factors, the units of the unit deviate from a straight path. This raises the challenge of studying stability.

To simplify the analysis of the movement of the three-link harvesting unit, the elms will be replaced by their reactions and the movement of each link will be considered separately. To analyze the stability of the trailer-trolley, a system of differential equations of its motion was used: at the first stage of the analysis of the stability of motion, the characteristic equations of the system of differential equations were compiled.

Characteristic equations were presented as a second-order determinant. After algebraic transformations, the characteristic equation of the system of differential equations in the final form was obtained.

The analysis of the stability of the trailer-trolley motion was performed using Hurwitz's theorem for which the coefficients of the characteristic equation will be determined and, according to Hurwitz's theorem, the conditions under which the trailer-trolley motion is asymptotically stable are formulated, namely the need for positive values of the characteristic equation coefficients. After carrying out the necessary algebraic transformations, a system of linear inequalities was obtained, the analysis of which allows to determine the allowable value of the speed of the trailer-cart at which its stable motion is maintained.

**Key words:** harvesting unit, stability of movement, differential equations, speed of movement.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПЛОДОВОЇ ДЕРЕВИНИ

Бондаренко Л. Ю., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5858-7375

Стручаєв М. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-8891-4960

Вершков О. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5137-3235

Філіпов Д. О., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-24-36

*Постановка проблеми.* Шляхом постачання плодової продукції на зовнішній ринок є процедура сертифікації всіх процесів виробництва продукції за стандартом GLOBALG.A.P. [1], яким визначено, що відходи компостують і застосовують для поліпшення ґрунту в садах, а методи компостування мають гарантувати відсутність ризиків для навколишнього середовища. У сучасному промисловому садівництві України основне джерело відновлюваних ресурсів є тріска зрізаних гілок плодкових дерев, яку доцільно використовувати для приготування компосту, тим самим повертаючи відновлювані ресурси у екосистему саду, в якості біодобрива – компосту [2].

Для того, щоб забезпечити процедуру сертифікації плодової продукції за стандартом GlobalG.A.P. по контрольній точці з вимогами щодо переробки і компостування тріски із зрізаних гілок плодкових дерев необхідно визначити склад вхідної суміші, яка буде складатися із відходів садівництва [3]. Це надає можливість обґрунтувати параметри буртів буртового способу компостування для перетворення деревини зрізаних гілок (тріски) на добрива.

Для підвищення ефективності процесу компостування тріски необхідно дослідити вплив оптимальної кількості води на процес перетворення компостної суміші.

*Аналіз останніх досліджень.* Деревна біомаса на сьогоднішній день являє собою викиди і є відходами садівничої діяльності. Але зрізані гілки мають досить великий енергетичний потенціал і можуть бути використані для: виробництва паливних гранул, брикетів [4]; спалювання тріски або тирси; зброджування в біогазогенераторах [5,6]; виробництва добрив шляхом компостування [7]. Є можливість підвищити ефективність використання деревної біомаси зрізаних гілок хімічною обробкою і заморожуванням [8,9].

Компостування дозволяє отримувати органічні добрива в садах.

Існують різні методи буртового компостування, які розрізняються за складом вихідних органічних матеріалів і мінеральних добавок та їх пропорції, за способами забезпечення достатньої аерації і підтримки оптимальної вологості та за використанням спеціальних методів підвищення мікробіологічної активності компосту [10,11]. Склад маси, що компостується може бути найрізноманітнішим, однак завжди необхідно поєднувати два основних компоненти: органічні залишки, що розкладаються і матеріали, які служать адсорбентами продуктів розкладання.

Однією з умов оптимального режиму компостування відходів різного походження є правильне поєднання речовин, які важко і легко розкладаються та їх рівномірне зволоження та перемішування [12].

Однак, компостування має відносно невисоку популярність через такі недоліки як тривалий виробничий цикл, а іноді отримання продукту нестабільної якості. Тому сьогодні використовують багато заходів для поліпшення процесу компостування [10–13].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою дослідження є встановлення можливості підвищення ефективності і стабільності вироблення компосту, шляхом забезпечення оптимальної кількості води, доданої в процесі компостування, за рахунок застосування зворотної системи зволоження.

*Основна частина.* Для досягнення поставленої мети необхідно розробити: методику розрахунку визначення оптимальної кількості води для зволоження компосту; схему пристрою оборотної системи зволоження компосту.

Методика дослідження заснована на модифікованому методі вивчення процесу компостування [14–16].

Для приготування компосту використовували суміш наступного складу: тріска зі зрізаних гілок 60%; опале листя 20%; курячий послід 20%. Курячий послід є важливим компонентом для приготування компосту. Використовували послід бройлерів, курей маточного стада, що містяться на підстилці з тирси, лузги насіння, дрібно нарізаною соломі. Необхідно також додавати гіпс, який використовується в розрахунку 60 кг гіпсу на одну тону тріски зрізаних гілок та опалого листя і потрібен для формування структури і рН компосту. Важливим компонентом є також вода.

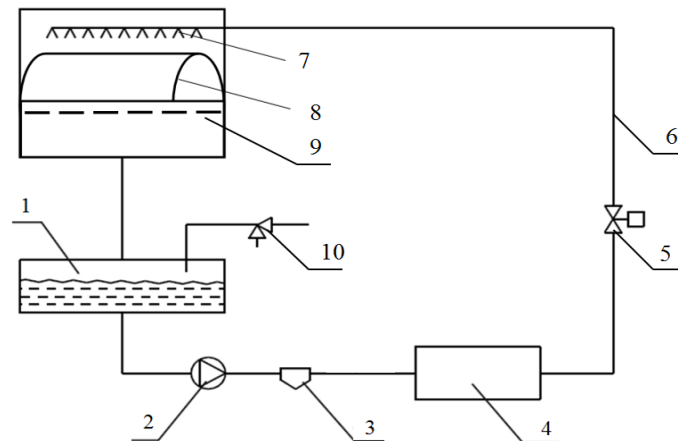
Для отримання якісного компосту, необхідно знати початкову вологість його компонентів, а також вміст в них азоту, фосфору, калію і кальцію.

На підставі результатів аналізу вихідної сировини приступають до початкового етапу компостування, суміш перемішують і зволожують до відносної вологості 70–80%. Ці операції сприяють зростанню мікрофлори, яка бере участь в процесі компостування. В результаті життєдіяльності мікроорганізмів відбувається розігрів

суміші, що компостується, яку перемішують через кілька днів, що сприяє насичуванню компосту киснем, мінеральними добавками і доводженню до однорідного стану.

Ферментація як недостатньо вологого, так і перезволоженого компосту менш ефективна, а при «заливанні» його процес може зупинитися зовсім.

Одним із вагомих чинників процесу компостування є волога, а саме її рівномірне розподілення. Для цього необхідно забезпечити відповідне дозування витрати води. Під час зволоження деяка кількість води утримується у компостній суміші – це капілярна волога, а інша її кількість – гравітаційна вода, просочується (фільтрується) через буртову суміш і потрапляє через ґратчасту підлогу з лотком у приямок. Пропонується зібрати просочену воду і використати її для повторного зволоження. Для цього розроблено схему зволоження компосту з оборотною системою (рис. 1).



1 – бак-накопичувач, 2 – насос, 3 – пісчано-гравійний фільтр, 4 – дозатор – змішувач мінеральних домішок, 5 – регулювальний кран, 6 – поливний трубопровід, 7 – розподільчий трубопровід з водовипусками, 8 – бурт компосту, 9 – ґратчаста підлога з лотком і приямок, 10 – кран подачі води.

Рис. 1. Схема установки для зволоження компосту з деревної біомаси зрізаних гілок.

*Опис процесу зворотної системи зволоження компосту.* Зволоження під час приготування компосту проводиться по замкнутому циклу.

На ґратчасту підлогу 9 з лотком і приямок укладають біомасу у вигляді бурта 8. Для забезпечення нормального процесу ферментації в компостній суміші, її зрошують водою, яка подається за допомогою насоса 2 з бака-накопичувача через пісчано-гравійний фільтр 3 з використанням дозатора – змішувача мінеральних домішок 4. Через регулювальний кран 5 та поливний трубопровід 6 вода потрапляє у розподільчий трубопровід з водовипусками 7.

Зайва волога з бурту 8 (в тому числі волога від атмосферних опадів) просочується через ґратчасту підлогу 9 в приямок і лоток, звідки стікає (завдяки ухилу дна лотка) назад в бак–накопичувач 1. В процесі ферментації вологість біомаси зменшується і для її зволоження по замкнутому циклу використовується вода, яка просочується з бурту 8. При необхідності через кран подачі 10 подається додаткова кількість води.

Розрахунок оптимальної кількості води для зволоження проводимо для вхідних параметрів складових компонентів компостної суміші, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вхідні параметри складових компонентів компостної суміші.

№ п/п	Величина	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
Складові компоненти суміші				
1	Тріска	$a$	%	60
2	Листя	$b$	%	20
3	Курячий послід	$c$	%	20
Вологість компонентів суміші				
4	Тріска	$W_{в.т}$	%	70
5	Листя	$W_{листя}$	%	60
6	Курячий послід	$W_{посл.}$	%	40
	Вхідна вологість суміші	$W_{сomp.}$	%	
7	Необхідна вологість суміші	$W_{сomp}$	%	70–80
Маса компонентів суміші				
8	Тріска	$m_T$	кг	10000
9	Листя	$m_{листя}$	кг	2000
10	Курячий послід	$m_{посл.}$	кг	2000
11	Загальна маса компонентів суміші	$m_{комп.}$	кг	14000

Масу води, яку містить тріска визначимо за формулою:

$$m_{в.м} = \frac{W_{в.м.} \cdot m_T}{100}, \quad (1)$$

де  $m_{в.м.}$  – маса води у вхідній масі тріски, кг;

$m_T$  – вхідна маса тріски, кг;

$W_{в.т.}$  – відносна (робоча) вологість вихідної тріски, %.

Кількість води у листях визначимо за формулою:

$$m_{в.л.} = \frac{W_{в.л.} \cdot m_{л.}}{100}, \quad (2)$$

де  $m_{в.л.}$  – маса води у вхідній масі листя, кг;

$m_{л.}$  – вхідна маса листя, кг;

$W_{в.л.}$  – відносна (робоча) вологість вхідного листя, %.

Кількість води у курячому посліді визначимо за формулою:

$$m_{в.посл.} = \frac{W_{в.посл.} \cdot m_{посл.}}{100}, \quad (3)$$

де  $m_{в.посл.}$  – маса води у вхідній масі посліду, кг;

$m_{посл.}$  – вхідна маса посліду, кг;

$W_{в.посл.}$  – відносна (робоча) вологість вхідного посліду, %.

Сумарну кількість води у компостній суміші визначимо за формулою:

$$m_{в.комп.} = m_{в.т.} + m_{в.листя} + m_{в.посл.}, \quad (4)$$

де  $m_{в.комп.}$  – вхідна маса води у компості, кг;

Сумарну масу компосту визначимо за формулою:

$$m_{комп.} = m_{т.} + m_{листя} + m_{посл.}, \quad (5)$$

де  $m_{комп.}$  – вхідна маса компосту, кг;

$m_{т.}$  – вхідна маса тріски, кг;

$m_{листя}$  – вхідна маса листя, кг;

$m_{посл.}$  – вхідна маса посліду, кг.

Вологість вхідної суміші, що підлягає компостуванню визначимо за формулою:

$$W_{в.комп.} = \frac{m_{в.комп.}}{m_{комп.}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Кількість сухої речовини у вхідній суміші компосту визначимо за формулою:

$$m_{с.р.} = \frac{(100 - W_{в.комп.}) \cdot m_{в.комп.}}{100}, \quad (7)$$

де  $m_{с.р.}$  – вхідна маса сухої речовини у компості, кг;

$m_{в.комп}$  – маса води у вхідній масі суміші, що компостується, кг;

$W_{в.комп}$  – вологість вхідної суміші, що підлягає компостуванню, %.

Процентна кількість сухої речовини у вхідній суміші, що підлягає компостуванню (ступінь сухості) визначимо за формулою:

$$x_{сух.к.} = \frac{m_{сух.к.}}{m_{комп}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

де  $x_{сух.к.}$  – ступінь сухості вхідної суміші, що компостується, %.

Під час приготування компосту суміш має підлягати періодичному зволоженню, тому наступним кроком є визначення необхідної кількості води для зволоження даної компостної суміші:

– масу суміші, що компостується, зволоженої до необхідної вологості визначимо за формулою:

$$m_{зв.комп} = \frac{m_{сух.к.} \cdot 100\%}{x_{сух.к.}}, \quad (9)$$

де  $m_{сух.к.}$  – вхідна маса сухої речовини компосту, кг;

– загальна маса води (вихідна плюс додаткова) у компості, яка необхідна для досягнення необхідної вологості визначиться за формулою:

$$m_{заг.} = m_{зв.комп} - m_{сух.к.}, \quad (10)$$

де  $m_{зв.комп}$  – маса суміші, що компостується, яка зволожена до необхідної вологості, кг;

– маса води, яку необхідно додати для досягнення необхідної вологості визначиться за формулою:

$$m_{дод.води} = m_{заг.} - m_{вих.в.комп}, \quad (11)$$

де  $m_{заг.}$  – загальна маса води (вихідна плюс додаткова) у компостній суміші для досягнення необхідної вологості, кг;

$m_{вих.в.комп}$  – вихідна маса води у компості, кг;

Результати розрахунку параметрів компостування наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку параметрів компостування

Величина	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість вологи, що містить тріска	$m_{в.т}$	кг	7000
Кількість вологи у листях	$m_{в.л.}$	кг	1200
Кількість вологи, що містить курячий послід	$m_{в.посл.}$	кг	800
Сумарна кількість води у компості	$m_{в.комп}$	кг	9000
Загальна маса компонентів суміші для компосту	$m_{комп.}$	кг	14000
Вихідна вологість суміші для компосту	$W_{в.комп}$	%	64,286
Кількість сухої речовини у вихідній суміші	$m_{с.р}$	кг	5000
Процентна кількість сухої речовини у вихідній суміші, що завантажується для компостування	$x_{сух.к.}$	%	35,714
Маса суміші, що компостирується, яку зволожено до необхідної вологості	$m_{зв.комп}$	кг	16700
Загальна маса води в завантаженому компості для досягнення необхідної вологості	$m_{заг.}$	кг	11700
Маса води, що додається для досягнення необхідної вологості	$m_{дод.води}$	кг	2700

*Висновки.* Доведено, що підвищення ефективності процесу компостування може бути досягнуто шляхом визначення оптимальної кількості води і застосування зворотної системи зволоження.

Встановлено, що зворотна система зволоження компостної суміші дозволяє раціонально використовувати просочену воду для подальшого зволоження компосту, яка може бути використана при проектуванні процесу компостування і підбору відповідного обладнання.

### Список використаних джерел

1. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельско-хозяйственным производством [Integrated Farm Assurance Standard

(IFA)]. Общий базовый модуль для сельхозпредприятий – Растениеводство – Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия [Действует с 01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с.

2. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю. Визначення та опис технічної енергетичної системи з використання відновлювальних ресурсів плодкових насаджень. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 192–199. DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-192-199.

3. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Використання відновлюваних ресурсів садівництва за вимогами стандарту GLOBALG.A.P. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2019. Вип. 7. С. 76–83.

4. Караєв О. Г., Стручаєв М. І., Бондаренко Л. Ю. Підвищення ефективності топки для використання енергопродукту з плодової деревини у якості біопалива. *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків, 2019. Вип. 201: Інноваційні проекти у галузі технічного сервісу машин. С. 253–259.

5. Outlook for biogas and biomethane. URL: <https://webstore.iea.org/outlook-for-biogas-and-biomethane> (дата звернення: 12.02.2021).

6. Ши Линь, Караєв А. И., Стручаєв Н. И. Биогазгенератор для фермерского хозяйства. *Труды Таврийской государственной агротехнической академии*. Мелітополь, 1997. Вип. 2. С. 7–10.

7. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодкових дерев. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 105–114. DOI: 10.31388/2078-0877-19-3-105-114.

8. Improving the Efficiency of Fruit Tree Sprayers / N. Struchaiev, L. Bondarenko, O. Vershkov, A. Chaplinskiy. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 3–10. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_1.

9. Determination of the Duration of Spherical-Shaped Berries Freezing Under the Conditions Stationary Heat Flow / N. Struchaiev, Y. Postol, Y. Stopin, I. Borokhov. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 405–414. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_42.

10. Варфоломеев Л. А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки. Москва: Наука, 1992. 52 с.

11. Гаврилов Т. А., Паталайнен Л. С., Колесников Г. Н. О ресурсосберегающих технологиях экологически безопасной

утилизации древесной коры. *Современные научные исследования и инновации*. 2014. Т. 39 (7). С. 59–64.

12. Nutrient accumulation and availability in compost-amended turfgrass soil / A. L. Wright et al. *Journal of Hortscience*. 2007. Vol. 42. P. 1473–1477. DOI: 10.21273/HORTSCI.42.6.1473.

13. Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste / Y. Xiao et al. *Bioresour Technol.* 2009. P. 4807–4813. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.05.013.

14. Ялпачик В. Ф., Стручаев М. І., Верхоланцева В. О. Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 1: Технічні науки. С. 3–8.

15. Дідур В. А., Стручаєв М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. посібник. Київ: Аграрна освіта, 2008. 233 с.

16. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків, 2017. Вип. 187: Проблеми енергозабезпечення в АПК України. С. 28–29.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПЛОДОВОЇ ДЕРЕВИНИ**

Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І., Вершков О. О., Філіпов Д. О.

### *Анотація*

Робота присвячена дослідженню процесу компостування тріски зрізаних гілок плодкових дерев. Наведено методику визначення необхідної кількості води для забезпечення якісного протікання термічних перетворень у процесі компостування. Запропоновано використання зворотної системи зволоження по замкнутому циклу, яка дозволить підвищити ефективність процесу компостування за рахунок рівномірного зволоження компосту з відповідним дозуванням витрати води. Запропонована методика розрахунку визначення оптимальної кількості води для зволоження компосту може бути використана при проектуванні компостування і підбору обладнання.

**Ключові слова:** компост, підвищення ефективності, тріска, оборотна система зволоження, листя, курячий послід.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПЛОДОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Бондаренко Л. Ю., Стручаев Н. И., Вершков А. А., Филиппов Д. О.

### *Аннотация*

Работа посвящена исследованию процесса компостирования щепы срезанных ветвей плодовых деревьев. Приведена методика определения необходимого количества воды для обеспечения качественного протекания

термических преобразований в процессе компостирования. Предложено использование оборотной системы увлажнения по замкнутому циклу, которая позволит повысить эффективность процесса компостирования за счет равномерного увлажнения компоста с соответствующим дозированием расхода воды. Предложенная методика расчета определения оптимального количества воды для увлажнения компоста может быть использована при проектировании компостирования и подбора оборудования.

**Ключевые слова:** компост, повышение эффективности, щепа, оборотная система увлажнения, листья, куриный помет.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF USE WASTE FRUIT WOOD

L. Bondarenko, N. Struchaiev, O. Karaiev, O. Vershkov, D. Philipov

### *Summary*

The article is devoted to improving the efficiency and stability of compost production by determining the optimal amount of water and additives introduced during the composting process using a circulating humidification system. In order to provide the procedure for certification of fruit products according to the GlobalG.A.P. it is necessary to determine the composition of the initial mixture from horticultural waste. This makes it possible to substantiate the parameters of the pile method. To achieve this goal, it is necessary: to propose a calculation method and a paradigm for determining the optimal amount of water for moistening compost; to propose a scheme for a recycling compost humidification system. After analyzing the raw materials, they proceed to the initial stage at which the mixture for composting is prepared, mixed and moistened to the required moisture content. To ensure uniform compost moisture and appropriate dosage of water and additives, it is proposed to use a circulating humidification system. Humidification during composting is carried out in a closed cycle. Water from the storage tank is pumped through a filter and dispenser into a spray comb installed above the compost pile. Excess water flows back into the storage tank. At the first stage, the raw materials are soaked and brought to the required moisture content of 70–80%, and at the second, the compost is moistened when it is poured. Part of the water is absorbed by the compost mass, the excess, which contains useful substances, is drained back into the storage tank. Fermentation of both insufficiently moist and waterlogged compost is less effective, and when "filling" its process may stop altogether. Therefore, it is important to correctly calculate the amount of water for humidification. The proposed method for calculating the determination of the optimal amount of water for moistening the compost and the scheme of the circulating system for moistening the compost can be used in the design of composting and selection of equipment.

**Key words:** compost, efficiency, splinters, circulating system moisture, leaves, chicken droppings.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ЕМУЛЬСІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Паляничка Н. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-8510-7146

Верхоланцева В. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-1961-2149

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Процес отримання дрібнодисперсних емульсій шляхом гомогенізації широко розповсюджений в сільському господарстві, хімічній, фармацевтичній, переробній та інших галузях промисловості [1]. В сільському господарстві, наприклад, диспергування є невід'ємною частиною виробництва олійних та концентрованих емульсій пестицидів. В фармацевтичному виробництві процес диспергування є особливо важливим при виробництві інгаляційних засобів, емульсій для внутрішньовенного введення та лізатів (клітинних екстрактів бактерій, дріжджів, водоростей). В косметологічній та парфумерній промисловості гомогенізацію використовують для приготування ароматичних композицій з масел, які дуже важко з'єднуються.

Однак, все ж найбільшого розповсюдження процес отримання дрібнодисперсних емульсій шляхом гомогенізації отримав в переробній та харчовій промисловості. Гомогенізація дозволяє запобігти розшаруванню в процесі зберігання таких харчових продуктів як: ячні меланжі та суміші на їх основі; згущеного молока комбінованого складу; сумішей для морозива (підготовка суміші "молочна основа – рослинний жир"); майонез, маргарин, кетчуп та ін.

В молочній промисловості процес гомогенізації молока – є одним із найголовніших технологічних процесів виробництва питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовленні сиру тощо. Гомогенізація жирових часток до мікроскопічних розмірів підвищує харчову цінність молока, а також покращує його сенсорно-смакові властивості. Після гомогенізації молоко набуває більш однорідний колір, смак та жирність; покращується його консистенція, підвищується інтенсивність білого кольору; зменшується поява жирової плівки при кип'ятінні, що в свою чергу зберігає сухі речовини молока та збільшується засвоюваність (по показнику

перетравлювання жиру гомогенізоване молоко відповідає кип'яченому). Якість продуктів з використанням гомогенізованого молока набагато вища.

Однак поряд з тим, що даний технологічний процес є дуже важливим, він також є і самим енерговитратним [2]. Основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності і високою продуктивністю має підвищену актуальність.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням процесу диспергування диспергування жирової фази молока займалися багато вчених, таких, як Н. В. Барановський, В. В. Вайткус, В. Я. Грановський, А. А. Долинський, М. М. Ліпатов, Є. В. Нужин, М. М. Орешина, Є. О. Фіалкова, F. Innings, T. Glawdel, C. Liu, Y. Lu, C. Trägårdh. [2,3,4,5,6]. Однак, слід зазначити, що більшість запропонованих пристроїв потребують подальшого вдосконалення, щоб отримати більш оптимальні показники ступеню диспергування та енерговитрат на процес диспергування.

В наслідок проведеного аналізу було визначено, що найбільш перспективним типом гомогенізатора, який дозволяє отримати високу ступінь диспергування емульсії, при невисоких енерговитратах на процес є імпульсний гомогенізатор. Таким чином, вирішено було продовжити проводити дослідження даного способу отримання дрібнодисперсних емульсій.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є дослідження вискоефективного обладнання для гомогенізації дрібнодисперсних емульсій (на прикладі молока) з використанням комп'ютерного моделювання для встановлення найбільш оптимальних технологічних параметрів процесу диспергування, які дозволять отримати високу якість готової продукції при низьких енерговитратах.

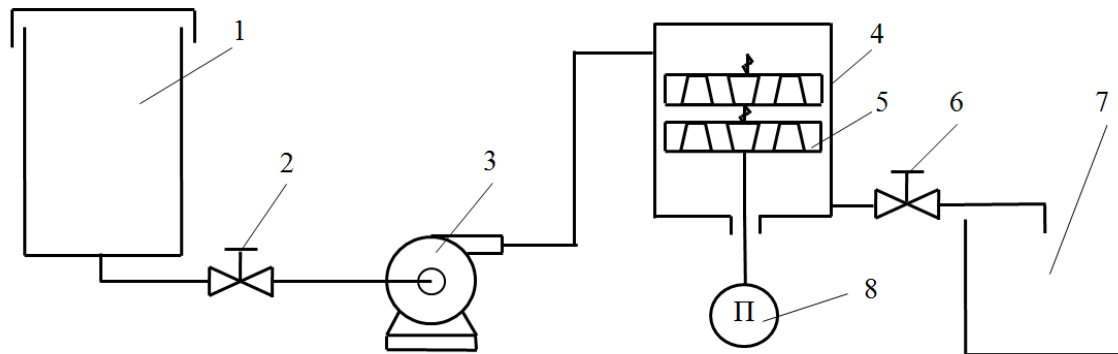
*Основна частина.* В результаті проведеного дослідження було визначено, що значно знизити витрати енергії на процес гомогенізації, при високій якості отриманої емульсії, можливо, якщо використовувати імпульсний спосіб гомогенізації.

Пристрій для імпульсної гомогенізації молока (рис. 1) складається з робочої камери імпульсного гомогенізатора 4 з поршнями-ударниками 5, які приводяться в коливальні рухи через шток 9 приводом 8. Основний поршень-ударник жорстко закріплений на штоку, а додатковий з'єднується з основним за допомогою пружини. Для можливості регулювання частоти коливання поршня-ударника використовується електродвигун постійного струму. Для

зміни амплітуди коливання поршня-ударника використовується регульований кривошип [7].

В нижній частині камери розташований вентиль для відводу молока після гомогенізації в ємність 7.

Молоко в робочу камеру гомогенізатора з приймальної ємності 1 подається насосом 3. Вентиль 2 служить для подавання молока під необхідним тиском в насос і робочу камеру гомогенізатора.



1, 7 – технологічні ємності; 2, 6 – перепускні крани; 3 – насос; 4 – робоча камера гомогенізатора; 5 – поршні-ударники; 8 – імпульсний привод.

Рис. 1. Принципова схема установки для дослідження імпульсної гомогенізації молока.

Диспергування жирових кульок молока в імпульсному типі гомогенізатора відбувається за рахунок градієнту швидкості потоку емульсії, який виникає завдяки імпульсним коливанням поршня-ударника. Однак, якщо поршень-ударник буде колитися з однією частотою, то градієнт швидкості буде малим.

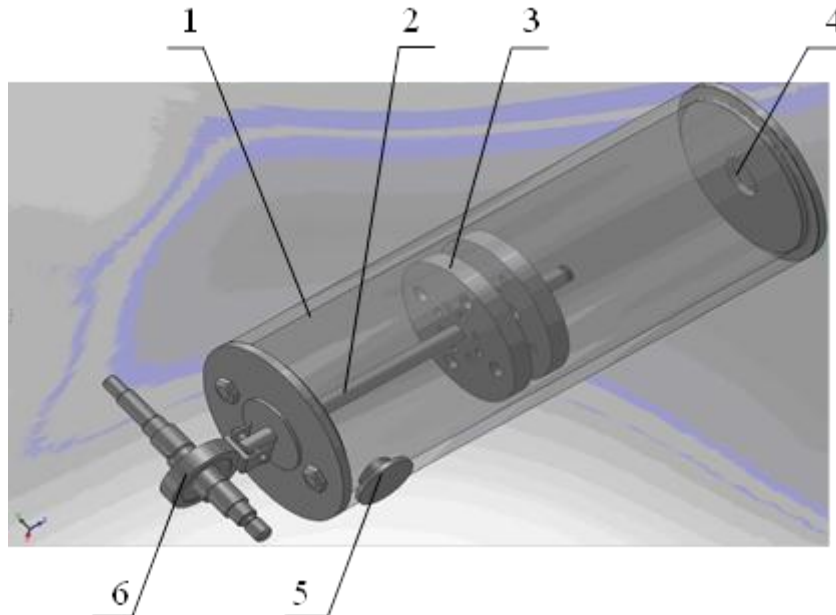
Одним з ефективних способів вирішення даної задачі є встановлення додаткового поршня-ударника, який буде зв'язаний з основним за допомогою пружини. Даний поршень за рахунок підпружинення коливається значно інтенсивніше за основний поршень і тим самим створює два ступені гомогенізації: між поршнями та за додатковим поршнем.

Однак визначити градієнт швидкості потоку емульсії досить складно. Тому для спочатку вирішено провести розрахунок швидкості потоку молока, яка виникає під час імпульсної гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання із застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench [8,9]. Дана програма має модуль CFX, який дозволяє ефективно і надійно проводити розрахунки, зв'язані з динамікою рідин та газів.

В імпульсному гомогенізаторі швидкість потоку молока головним чином залежить від амплітуди коливання поршня-ударника і частоти коливань. Тільки визначення залежності швидкості від

параметрів імпульсного гомогенізатора дасть можливість перейти до визначення ефективності гомогенізації.

Маючи необхідне уявлення про модель робочої камери і попередньо розраховані геометричні параметри гомогенізатора, за допомогою системи автоматизації проектних робіт в трьох вимірах Solidworks була спроектована робоча модель камери імпульсного гомогенізатора (рис. 2) [10].



1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршні-ударники; 4 – патрубок підведення вихідного молока; 5 – патрубок відведення гомогенізованого молока; 6 – кривошипний механізм.

Рис. 2. Модель робочої камери імпульсного гомогенізатора виконана в Solidworks.

Далі дана модель була інтегрована безпосередньо в модуль CFX на базі платформи Ansys Workbench. Для отримання більш точних результатів розрахунку динаміки рідини і газів використовували останню версію системи створення сітки Ansys Meshing.

В якості вихідних даних для розрахунку в програмі Ansys Workbench були внесені геометричні параметри імпульсного гомогенізатора та фізико-хімічні властивості молока. Діаметр робочої камери було прийнято  $D = 0,3$  м; довжина робочої камери визначалася згідно діаметру камери, та мала значення  $L = 0,5$  м; діаметри отворів в поршні-ударнику були прийняті  $d_{виход} = 0,008$  м;  $d_{вих} = 0,002$  м, кількість отворів в поршні-ударнику  $n = 16$ ; товщина поршнів-ударників  $S_{пор} = 12$  мм; амплітуда коливань  $h = 2...12$  мм; частота коливань поршня-ударника  $f = 45...55$  Гц.

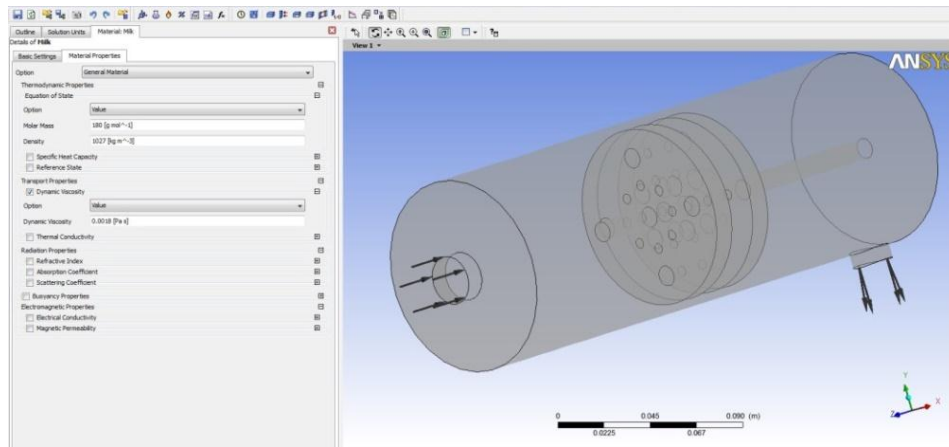


Рис. 3. Вікно вихідних даних в Ansys Workbench.

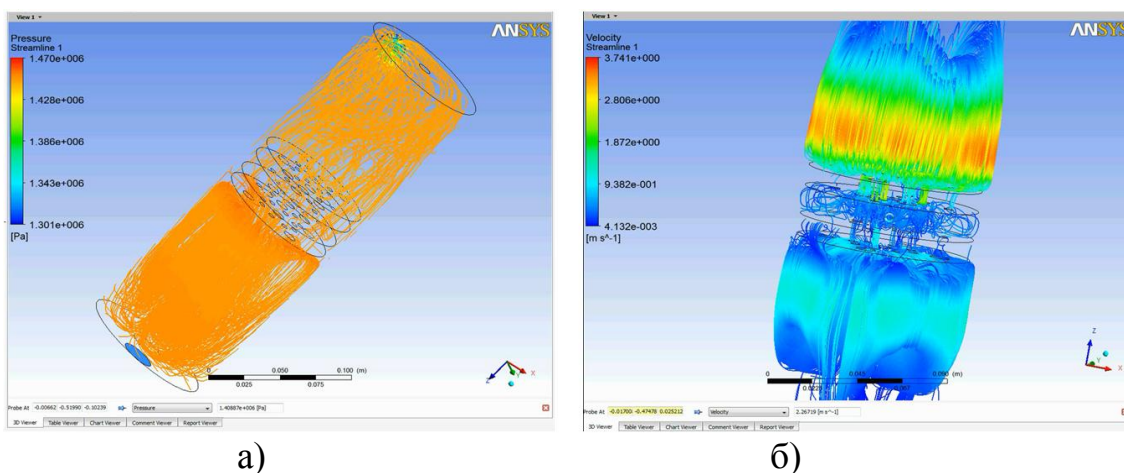
Спочатку, для зручності проведення дослідження розрахункову область було розподілено на дві частини: область проходження молока крізь отвори в поршні-ударнику та область проходження молока в зазорі між поршнем-ударником і циліндром.

Перший етап обчислення включав в себе виконання стаціонарного розрахунку методом фіксованого ротору (Frozen rotor). Це дозволило провести попередню оцінку розподілу тиску і швидкостей по об'єму робочого циліндру. Крім того, отримані дані дали можливість зробити висновок, що найбільш доцільною частотою коливання поршня-ударника для імпульсного гомогенізатора становить 55 Гц. Оскільки при меншій амплітуді швидкість потоку молока дуже мала, тобто можна припустити, що процес гомогенізації при такій частоті відбуватися не буде. А при збільшенні частоти коливання поршня-ударника швидкість потоку збільшується не значно, але потужність, в свою чергу, при цьому навпаки дуже сильно зростає (в 1,5 рази).

Для розрахунку нестационарного потоку молока було розглянуто амплітудний діапазон в 12 мм. Даний інтервал був розділений на 6 кроків. В результаті похибка по більшості рівнянь не перевищувала  $10^{-5}$ . Така точність сповна прийнятна для якісної оцінки динаміки течії [9].

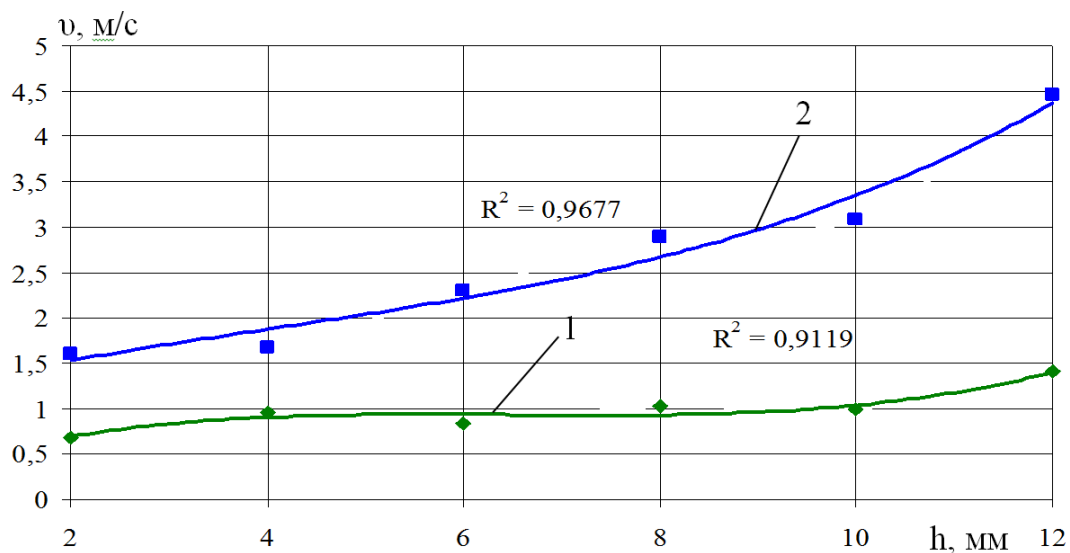
В результаті проведеного моделювання та розрахунку були отримані трьохвимірні графіки розподілу тиску та швидкості потоку при проходженні крізь отвори поршня-ударника та у зазорі між поршнем-ударником і циліндром робочої камери в залежності від амплітуди коливання (рис.4).

Отримані в результаті даного розрахунку дані є вихідними для побудови графіку залежності значення швидкості потоку молока на виході з першого і другого поршнів від амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора (рис. 5).



а) тиску; б) швидкості потоку молока проходженні крізь отвори поршня-ударника та у зазорі між поршнем-ударником і циліндром робочої камери.

Рис. 4. Трьохвимірні графіки ліній розподілу току виконані в Ansys Workbench.



1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – на виході з другого поршня-ударника.

Рис. 5. Графік залежності швидкості потоку молока на виході з поршнів-ударників імпульсного гомогенізатора від амплітуди коливання поршня-ударника.

Результати отриманих даних дають можливість визначити, як змінюється швидкість потоку молока, а відповідно і градієнт швидкості, який призводить до диспергування емульсії в імпульсному гомогенізаторі в залежності від технологічних параметри роботи імпульсного гомогенізатора. Проведені розрахунки показали, що максимальне значення швидкості потоку молока при проходженні його через отвори поршня-ударника 15,44...17,84 м/с та при проходженні крізь зазор між робочою камерою і поршнем-ударником 12,92...15,2 м/с досягається при значенні амплітуди коливання 10...12

мм, при цьому тиск, який утворюється в середині робочої камери становить 1,44...1,49 МПа. Тому, оптимальними технологічними параметрами для диспергування в імпульсному гомогенізаторі слід вважати частоту коливання  $f = 55$  Гц, а амплітуду коливання поршня-ударника  $h = 10...12$  мм.

Слід також відмітити, що завдяки комп'ютерному моделюванню та проведеним розрахункам в програмі Ansys Workbench було визначено ступінь гомогенізації, який можливо отримати про обробці молока в імпульсному гомогенізаторі та енерговитрати, які витрачаються на процес. Згідно проведених розрахунків було встановлено, що ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі становить  $N_m = 4...5$ , а енерговитрати на процес при цьому складають 0,82 Дж/кг.

*Висновки.* Нині актуальним залишається питання дослідження технологічного обладнання для гомогенізації дрібнодисперсних емульсій з метою виявлення найбільш високоефективних апаратів, які дають можливість отримати високу якість готової емульсії при низьких енерговитратах на процес. Приведені дослідження показали, що перспективним способом отримання високоякісного продукту є імпульсна гомогенізація. Для досліджень використовувалось комп'ютерне моделювання за допомогою програми Ansys Workbench. В результаті проведених розрахунків було встановлено, що ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі становить  $N_m = 4...5$ , а енерговитрати на процес при цьому складають 0,82 Дж/кг.

### Список використаних джерел

1. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Івженко А. О., Левченко Л. В. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молочної промисловості. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип. 16, т. 1. С. 9-15.
2. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом, 2007. 264 с.
3. Innings F., Trägårdh C. Visualization of the Drop Deformation and Break-Up Process in a High Pressure Homogenizer. *Chemical Engineering & Technology*. 2005. Vol. 28, № 8. P. 882–891. DOI: 10.1002/ceat.200500080.
4. Фиалкова Е. А. Гомогенизация. Новый взгляд. Монография–справочник. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. 392 с.
5. Орешина М. Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратная реализация: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. Москва, 2010. 50 с.
6. On flow-fields in a high pressure homogenizer and its implication on drop fragmentation / A. Håkansson et al. *Procedia Food Science*. 2011. № 1. P. 1353–1358. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.200.

7. Паляничка Н. О. Використання енергоефективного обладнання для диспергування емульсій. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 1. С. 26-34.

8. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Москва: Едиториал, 2003. 272 с.

9. Moaveni S. Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS. Pearson, 2008. 868 p.

10. Гвоздев О. В., Самойчук К. О., Паляничка Н. О. Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2012. Вип. 28. С. 294-299.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ЕМУЛЬСІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О.

### *Анотація*

Стаття присвячена актуальному питанню дослідження технологічного обладнання для гомогенізації. Встановлено, що сучасне обладнання, яке використовується для отримання дрібнодисперсних емульсій потребує вдосконалення з метою зниження енерговитрат на процес гомогенізації та підвищення якості готового продукту. Теоретичні розрахунки проводились з використанням комп'ютерного моделювання за допомогою програми Ansys Workbench. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі становить  $N_m = 4 \dots 5$ , а енерговитрати на процес при цьому складають 0,82 Дж/кг. Це високі показники, які доводять ефективність використання імпульсної гомогенізації для отримання дрібнодисперсних емульсій.

**Ключові слова:** дослідження, комп'ютерне моделювання, гомогенізація, енерговитрати, імпульсний гомогенізатор, якість, ступінь гомогенізації, дрібнодисперсна емульсія.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Самойчук К. О., Паляничка Н. А., Верхоланцева В. А.

### *Аннотация*

Статья посвящена актуальному вопросу исследования технологического оборудования для гомогенизации. Установлено, что современное оборудование, используемое для получения мелкодисперсных эмульсий требует усовершенствования с целью снижения энергопотребления на процесс и повышения качества готовой продукции. Теоретические расчеты проводились с

использованием компьютерного моделирования при помощи программы Ansys Workbench. В результате проведенного исследования было установлено, что степень гомогенизации в импульсном гомогенизаторе составляет  $H_m = 4...5$ , а энергопотребление на процесс - 0,82 Дж/кг. Это высокие показатели, которые доказывают эффективность применения импульсной гомогенизации для получения мелкодисперсных эмульсий.

**Ключевые слова:** исследования, компьютерное моделирование, гомогенизация, энергопотребление, импульсный гомогенизатор, качество, степень гомогенизации, мелкодисперсная эмульсия.

## RESEARCH OF HIGHLY EFFICIENT EQUIPMENT FOR HOMOGENIZATION OF SMALL EMULSIONS USING COMPUTER SIMULATION

K. Samoichuk, N. Palianychka, V. Verkholtantseva

### *Summary*

The article is devoted to the topical issue of research of technological equipment for homogenization. It is established that the modern equipment used for obtaining fine emulsions needs improvement in order to reduce energy consumption for the homogenization process and improve the quality of the finished product. The analysis showed that the most promising type of homogenizer, which allows to obtain a high degree of dispersion of the emulsion, at low energy consumption for the process is a impulse homogenizer. Dispersion of milk fat globules in the impulse type of the homogenizer occurs due to the gradient of the emulsion flow rate, which occurs due to pulse oscillations of the piston-drummer. However, to determine the gradient of the emulsion flow rate is quite difficult. Therefore, it was first decided to calculate the milk flow rate that occurs during pulse homogenization using computer simulation using a universal software system of finite element analysis Ansys Workbench. This program has a CFX module that allows you to efficiently and reliably perform calculations related to the dynamics of liquids and gases. As a result of the simulation and calculation, three-dimensional graphs of pressure and flow velocity distribution were obtained when passing through the percussion piston holes and in the gap between the percussion piston and the working chamber cylinder depending on the oscillation amplitude. it through the holes of the percussion piston 15,44... 17,84 m/s and when passing through the gap between the working chamber and the percussion piston 12,92... 15,2 m/s is achieved when the value of the oscillation amplitude 10...12 mm, while the pressure formed in the middle of the working chamber is 1,44... 1,49 MPa. The optimal technological parameters for dispersion in a impulsive homogenizer should be considered the oscillation frequency  $f = 55$  Hz, and the amplitude of oscillation of the piston-drummer  $h = 10... 12$  mm. Through computer simulations and calculations, Ansys Workbench determined the degree of homogenization that can be obtained from the milk processing in the pulse homogenizer and the energy consumption spent on the process. According to the calculations, it was found that the degree of homogenization in the pulse homogenizer is  $H_m = 4...5$ , and the energy consumption for the process is 0.82 J/kg. These are high values that prove the efficiency of pulsed homogenization to obtain fine emulsions.

**Key words:** research, computer modeling, homogenization, energy consumption, impulse homogenizer, quality, degree of homogenization, fine emulsion.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНТЕНСИВНОГО ПРОРОЩУВАННЯ ЗЕРНА ДЛЯ ГОДІВЛІ ПТИЦІ

Гавдида Г. І., інженер,

ORCID: 0000-0002-7085-3100

Олексієнко В. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-3438-874X

Ломейко О. П., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Збалансоване харчування птиці є передумовою досягнення високих результатів у птахівництві. Кожен господарник прагне до рентабельного виробництва і зниження собівартості кінцевої продукції. З цієї точки зору актуальним стає питання використання нетрадиційних кормових добавок та кормів.

Нетрадиційні корми можна умовно поділити на кілька груп:

- білкові;
- багаті на вуглеводи;
- високоенергетичні;
- вітамінні;
- мінеральні.

До нетрадиційних кормів зараховують: зерно, ріпак, люпин, горох, продукти мікробіологічного синтезу і масложирового виробництва, відходи виробництва тваринницької продукції, сушену картоплю, буряк. Як джерело рослинного білка птахофабрики використовують соняшникові, ріпакові та лляні шроти і макухи. А для того, щоб зменшити вартість корму до нього додають відходи переробки зернових, продукти спиртового виробництва. Ефективним шляхом підвищення якості виробництва тваринницької продукції зокрема, органічно чистої, насамперед є підвищення обсягів виробництва якісних кормів [1].

Одним із способів вирішення даної задачі є використання пророщеного зерна, яке може бути основою одержання органічно чистої продукції при вирощуванні птиці. Тому інтенсифікація процесу пророщування зерна з метою отримання цінного кормового матеріалу є актуальною задачею на сучасному етапі розвитку птахівництва [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* Вивчення процесу прискореного пророщування зерна в умовах іонізації повітря присвячена велика кількість робіт теоретичного та експериментального характеру [3 – 7].

Досліджувані питання розглядалися в роботах Чижевського А. Л., Вяземського Т. І, Мічуріна І. В., Крадьонова В. П., Сабініна Д. А., Ксенза Н. В., Шмигеля В. Н., Рахманіна В. Г., Ізакова Ф. Я., Окулова В. А., Блонської А. П., Долгових О. Г. та багатьох інших дослідників різних країн.

Незважаючи на великий обсяг теоретичних і експериментальних результатів, їх більшість виконана для застосування у харчовому виробництві, де вимоги до технологічних параметрів і режимів значно вищі, ніж при кормовиробництві [8, 9]. Тому, для використання пророщеного зерна, як корму для птиці, слід провести ще низку досліджень.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є визначення впливу найбільш значимих факторів на інтенсивність пророщування зерна. Основними технологічними параметрами цього процесу є: тривалість пророщування, розташування зерна в шарі матеріалу і експозиція іонізації повітря.

*Основна частина.* Нами були проведені дослідження інтенсивності пророщування зерна в таких умовах: тривалість процесу від одного до чотирьох днів, розташування зерна зверху, всередині та внизу шару, за відсутності іонізації повітря (контроль) та при експозиції 5, 10 і 15 хвилин.

Результати експерименту представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати пророщування солоду

Тривалість пророщування днів	Шар зерна	Довжина паростків $L$ , мм			
		Без іонізації (контроль)	Експозиція іонізації, хв.		
			5	10	15
1	верхній	0,4	0,5	0,7	0,6
	середній	0,5	0,4	0,5	0,4
	нижній	0,3	0,3	0,4	0,4
2	верхній	1,0	1,2	1,4	1,1
	середній	0,9	1,0	1,2	0,9
	нижній	0,8	0,8	1,0	0,7
3	верхній	1,4	1,6	1,7	1,7
	середній	1,3	1,3	1,5	1,2
	нижній	0,8	1,1	1,3	0,9
4	верхній	2,6	2,7	3,0	2,8
	середній	2,0	2,1	2,5	2,0
	нижній	1,9	1,9	2,0	2,0

Через наявність фактору з номінативними даними неможливо виконувати регресійний аналіз, тому здійснено дисперсійний аналіз даних [10, 11].

Результати проведення трифакторного дисперсійного аналізу, виконаного із використанням пакета прикладних програм Statistica [12], подано у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дисперсійного аналізу інтенсивності пророщування зерна у залежності від досліджуваних факторів

Джерело варіації	Сума квадратів	Число ступенів вільності	Середній квадрат	Критерій Фішера
Вільний член	76,760	1	76,760	2746,466
Тривалість пророщування	18,965	3	6,322	226,183
Шар зерна	1,928	2	0,964	34,490
Експозиція іонізації	0,238	3	0,079	2,838
Похибка розрахунків	1,090	39	0,028	

Дані табл. 2 свідчать, що інтенсивності пророщування зерна статистично значуще залежить від усіх досліджуваних факторів, так як рівні значущості  $p$  оцінки впливу усіх факторів менші від прийнятого нами довірчого рівня  $\alpha = 0,05$ .

Достовірність дисперсійної моделі інтенсивності процесу пророщування зерна при цьому становить  $R = 0,951$ .

Величина статистично значущого впливу досліджуваних факторів на інтенсивність пророщування зерна, отримана на основі табл. 2, представлена на рис. 1.

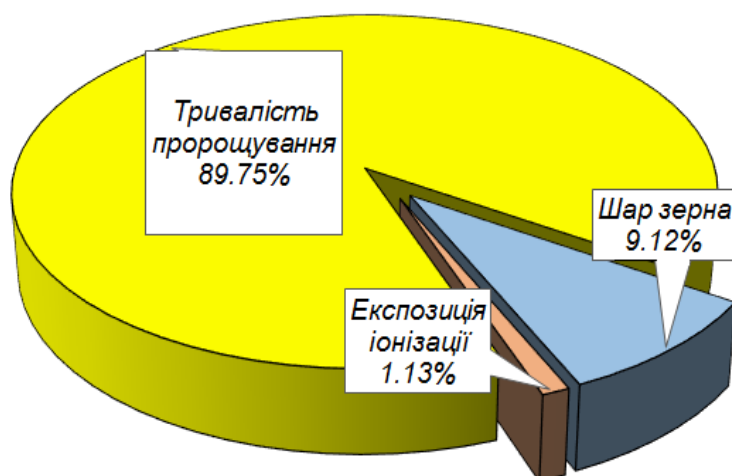


Рис. 1. Ступінь впливу досліджуваних факторів на інтенсивність пророщування зерна.

З рис. 1 бачимо, що найбільше впливає на інтенсивність процесу тривалість пророщування зерна 87,8 %, вплив розташування зерна в

шарі солоду становить лише 9,1 %, а експозиція іонізації повітря – 1,1%.

Розглядаючи середні значення інтенсивності пророщування зерна  $L$  (у мм) для показників, представлених у відносній шкалі — тривалості пророщування зерна  $D$  (днів) і експозиції іонізації повітря  $T$  (хв.), бачимо [6], що вони виражені відповідно лінійними функціями (1) і (2)

$$L = 0,783 + 5,45D, \quad (1)$$

$$L = 11,353 + 1,978 \cdot T. \quad (2)$$

Коефіцієнти детермінації цих рівнянь відповідно становлять  $R^2 = 0,983$  і  $R^2 = 0,987$ .

Оцінка лінійності зв'язку за  $p$ -рівнем значущості Фішера при оцінці лінійності зв'язку [5], ці залежності статистично значуще не відмінні від лінійних так як їх значення  $p = 0,109$  для рівняння (1) і  $p = 0,965$  для рівняння (2), тобто більші від прийнятого  $\alpha = 0,05$ . Загалом це підтверджує чисельні дослідження, в яких визначено, що функція відгуку лінійно залежить від технологічних факторів [8].

Графічне зображення залежностей (1) і (2) подано на рис. 2, 3.

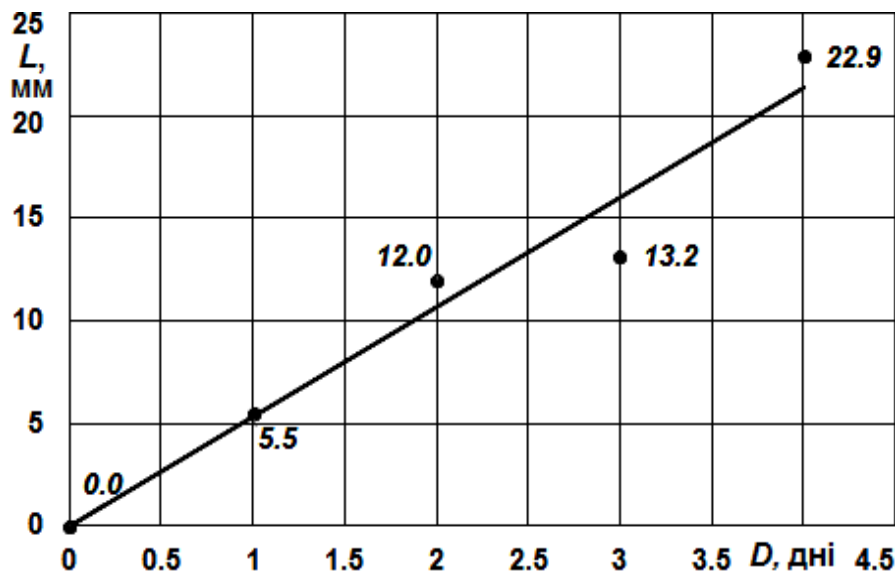


Рис. 2. Залежність інтенсивності пророщування зерна  $L$  від тривалості пророщування  $D$ .

Явище підвищення інтенсивності пророщування зерна з тривалістю процесу, представлене лінійною залежністю (1) і проілюстроване рис. 2, можна пояснити тим, що зі збільшенням тривалості пророщування збільшується довжина паростків, що додаткового пояснення не потребує.

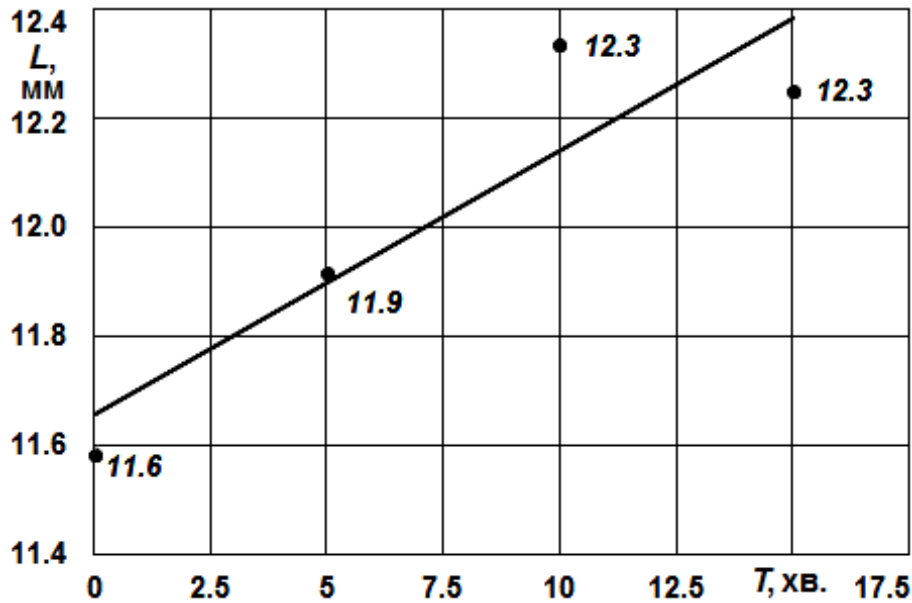


Рис. 3. Залежність інтенсивності пророщування зерна  $L$  від експозиції іонізації  $T$ .

Графічне представлення залежності інтенсивності пророщування зерна від його розташування у шарі солоду, представленого у номінативній шкалі, подано на рис. 4.

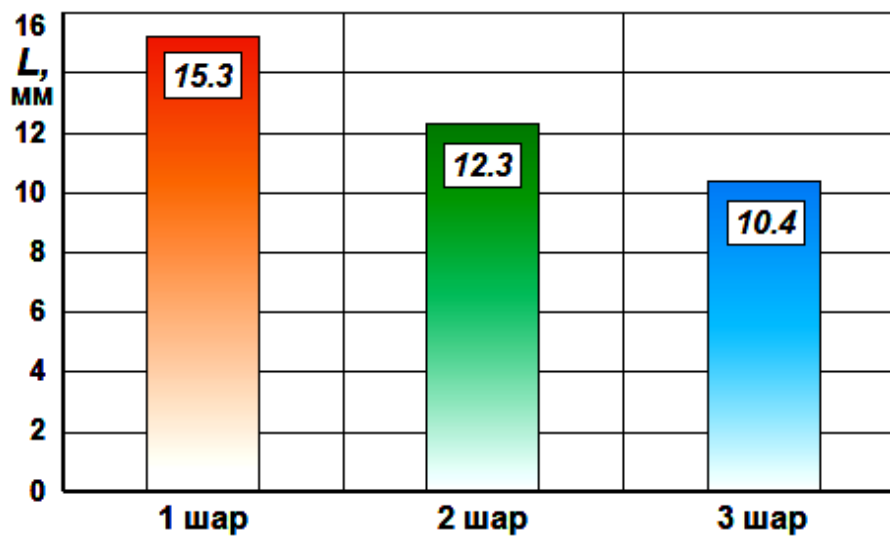


Рис. 3. Середня величина пророщування зерна від його розташуванні у шарі солоду.

Так як відстань між шарами розташування зерна в шарі солоду постійна, можна оцінити характер функціонального зв'язку, виконану за  $p$ -рівнем значущості Фішера [11]. Отримане емпіричне значення становить  $p=0,019$ , тобто воно менше від прийнятого  $\alpha=0,05$ , що свідчить про статистичну значущість відмінності даної залежності від лінійної.

На основі цього можна зробити висновок, що для отримання рівномірного пророщування зерна у всьому шарі солоду необхідне перемішування шарів упродовж всієї тривалості пророщування зерна.

*Висновки.* Інтенсивність пророщування зерна для годівлі птиці статистично значуще залежить від тривалості процесу і розташування зерна у шарі солоду. При цьому, отримана дисперсійна модель залежності інтенсивності пророщування зерна від досліджуваних факторів на 95,1 % описує досліджуване явище.

Зростання інтенсивності пророщування зерна від тривалості процесу пояснюється тим, що збільшення довжини паростків викликає підвищення інтенсивності дихання рослинного матеріалу і ріст температури в шарі солоду, що покращує умови росту паростків.

Наявна істотна різниця між величиною пророщування зерна при будь якій тривалості іонізації повітря і її відсутності пояснюється недостатнім інтервалом варіювання експозиції іонізації.

### Список використаних джерел

1. Саблук П. Т., Ходаківська О. В. Екологізація агропромислового виробництва – визначальна складова сучасної аграрної політики. *Перспективи екологізації аграрного виробництва в Україні*. Київ: ННЦ ІАЕ, 2012. С. 3-12.

2. ДСТУ 3769–98. Ячмінь. Технічні умови. [Чинний від 1998–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 18 с.

3. Харитонова Г. І., Олексієнко В. О. Прогнози збільшення довжини паростків ячменю. *Крамаровські читання: зб. тез доп. III міжнар. наук.-техн. конф.* Київ: НУБіП України, 2016. С. 104–105.

4. Guljamilya Kudyrova. Проращивание зерна. *Pinterest*: сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fEKEvmhkFa8&t=322s> (дата звернення: 12.03.2021).

5. Спосіб виробництва солоду: пат. 102571 Україна: МПК (2015.01) С12С 1/00. № 201503555; заявл. 16.04.2015, опубл. 10.11.2015. Бюл. № 21.

6. Пристрій для пророщування солоду: пат. 103227 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201505082; заявл. 25.05.2015, опубл. 10.12.2015. Бюл. № 23.

7. Пристрій для пророщування солоду із коаксіальними ємностями: пат. 140160 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201907261; опубл. 10.02.2020. Бюл. № 3.

8. Харитонова Г. І., Олексієнко В. О. Розробка технологій прискороного дозрівання солоду. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 1 (91). С. 73–75.

9. Харитонова А. І., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Ломейко О. П. Лабораторні дослідження впливу технологічних факторів на процес пророщування солоду. *Праці Таврійського*

державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 2. С. 65–71.

10. Караєв О. Г. Реєстрація та обробка інформації при аналізі механізованих технологічних систем в садівництві. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2016. Вип. 4. С. 202–211.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

12. Козлов А. Ю. Мхитарян В. С., Шишов В. Ф. Статистические функции Excel в экономико-статистических расчетах. Москва: Юнити-Дана, 2010. 233 с.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНТЕНСИВНОГО ПРОРОЩУВАННЯ ЗЕРНА ДЛЯ ГОДІВЛІ ПТИЦІ

Гавдида Г. І., Олексієнко В. О., Ломейко О. П.

### *Анотація*

Робота присвячена дослідженню процесу інтенсивного пророщування зерна для годівлі птиці з визначенням впливу технологічних параметрів: тривалості пророщення, розташування зерна в шарі солоду і експозиції іонізації повітря на швидкість його пророщування. Цей процес статистично значуще залежить від усіх досліджуваних факторів, а отримана дисперсійна модель на 95,1 % описує досліджуваний процес.

Залежність інтенсивності пророщування зерна від тривалості його пророщування пояснює 98,3 % експериментальних точок, а від експозиції іонізації логарифмічної функції пояснює 98,7 % точок.

**Ключові слова:** експозиція іонізації повітря; інтенсивність пророщування зерна; тривалість пророщування, логарифмічна функція, досліджувані фактори, технологічні параметри, розташування зерна.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНТЕНСИВНОГО ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ПТИЦЫ

Гавдыда А. И., Алексеенко В. А., Ломейко А. П.

### *Аннотация*

Работа посвящена исследованию процесса интенсивного проращивания зерна для кормления птицы с определением влияния технологических параметров: длительности проращивания, расположение зерна в слое солода и экспозиции ионизации воздуха на скорость его проращивания. Этот процесс статистически значимо зависит от всех исследуемых факторов, а полученная дисперсионная модель на 95,1% описывает исследуемый процесс.

Зависимость интенсивности проращивания зерна от продолжительности его проращивания объясняет 98,3% экспериментальных точек, а от экспозиции ионизации логарифмической функции объясняет 98,7% точек.

**Ключевые слова:** экспозиция ионизации воздуха; интенсивность проращивания зерна; продолжительность проращивания, исследуемые факторы, технологические параметры, расположение зерна.

## TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF INTENSIVE SPROUTING OF GRAIN ARE FOR FEEDING OF BIRD

H. Havdyda, V. Oleksiienko, A. Lomeiko

### *Summary*

The work is sanctified to research of process of the intensive sprouting of grain for feeding of bird with determination of influence of technological parameters.

Most effective way of upgrading of production of stock-raising goods, in particular, organically clean, consists in the increase of production of quality forage volumes.

One of methods of decision of this task there is the use of grain, that can be basis of receipt organically of clean products at growing of bird. Therefore intensification of process of sprouting of grain with the aim of receipt of valuable feed material is an actual task on the modern stage of development of the poultry farming

Aim of this work is determination of influence of the most meaningful factors on intensity of sprouting of grain. The basic technological parameters of this process are: duration of sprouting, location of grain in the layer of material and display of ionising of air.

Dependence of intensities of sprouting of grain from duration of his sprouting are explained by 98,3 % experimental points, and from the display of ionising of logarithmic function of 98,7 % points. The increase of intensity of sprouting of grain from duration of process is explained by that the increase of length of sprouts causes the increase of intensity of breathing of vegetable material and height of temperature in the layer of malt that improves the terms of height of sprouts. Present substantial difference between the size of sprouting of grain at be to what duration of ionising of air and her absence explained by the insufficient interval. of varying of ionising display.

**Key words:** are a display of ionising of air; intensity of sprouting of grain; sprouting duration, logarithmic function, prospected factors, technological parameters, locations of grain.

## ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ З ШНЕКОВИМ ЖИВИЛЬНИКОМ ПРИ ДИСПЕРГУВАННІ

Науменко М. М., к.т.н.,  
Миколенко С. Ю., к.т.н.,  
Гурідова В. О., ст. викл.,  
Гезь Я. В., викл.

ORCID: 0000-0002-1697-3478  
ORCID: 0000-0002-1959-1141  
ORCID: 0000-0002-7684-5072  
ORCID: 0000-0003-2173-7338

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Тел. (050) 922-65-05

*Постановка проблеми.* В харчовій промисловості для здрібнення вихідної сировини задля відповідності технології переробки широко використовують процес диспергування. Відомо, що процес здрібнення рослинної сировини характеризується значними затратами енергії, що зумовлено високою міцністю і анізотропією її властивостей. Висока міцність сировини зумовлена особливістю морфологічного складу рослинної тканини [1].

На сьогодні використовують велику кількість фізичних способів впливу на матеріал, який подрібнюється, попри те основним способом подрібнення залишається механічне [1]. Процес утворення нової поверхні в твердому тілі характеризується низькою енергетичною ефективністю незалежно від сировини, яку переробляють [2, 3]. В залежності від матеріалу і напряму його використання до диспергування пред'являють певні вимоги, як наприклад дисперсність вихідного продукту, його мікробіологічну чистоту [4].

При диспергуванні відбувається порушення вторинної структури матеріалу, в той час як після подрібнення відбувається деструкція полімерних ланцюгів [4]. Швидкість механічної деструкції можна визначити інтенсивністю механічних напружень. При диспергуванні природних органічних полімерів, до яких відноситься зернова сировина, типовою є наявність граничної деструкції. В області граничної деструкції механічна енергія, яка передається твердій речовині, витрачається виключно на міжмолекулярні переміщення полімерних ланцюгів [4, 5]. Існує багато технічних рішень щодо використання диспергування у харчовій промисловості. На сьогодні обробку на диспергаторах застосовують для рослинної сировини з метою надання їй певних технологічних характеристик. Так диспергування зернової сировини, попередньо активованої шляхом замочування, дозволяє одержувати пастоподібну дисперговану зернову масу, яку застосовують для виробництва

цільнозернових хлібних виробів [6]. На процес подрібнення зернової сировини впливає ряд факторів, одним з яких є переміщення матеріалу за допомогою шнекового живильника.

*Аналіз останніх досліджень.* Удосконаленню гвинтового транспортного механізму присвячена досить велика кількість наукових робіт. Так, відомі пристрої [7, 8] для подрібнення зернової сировини, удосконалення яких полягає у зміні конструкції шнекового живильника. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити продуктивність, дисперсність, однорідність зернової маси на виході, а також знизити енергоємність.

Гвинтові транспортні механізми, що призначаються для переміщення сипкого матеріалу, досить широко використовуються в різноманітних галузях сільського господарства. В наукових працях [9-16] достатньо багато уваги приділяється питанням дослідження навантаження на гвинтові робочі органи та їх розрахунку і проектуванню. Поряд з цим, при застосуванні шнекових живильників в пристроях для подрібнення харчової сировини виникають питання, що потребують додаткових досліджень. Перш за все актуальною лишається проблема дослідження впливу додаткового тиску, необхідного для роботи при завантаженні матеріалу на процес його переміщення. Не менш важливим також є питання визначення швидкості проходу зернового матеріалу через ріжучий механізм для його подрібнення у диспергаторі. Розробка математичної моделі взаємодії зернового насипного матеріалу зі шнековим живильником дозволила б визначити кінематичні характеристики руху зернової суміші в диспергаторі задля підвищення ефективності його роботи.

*Формування цілей статті (постановка завдання).* Для вирішення вказаної проблематики завданням роботи стали розробка схеми до математичної моделі взаємодії зернового матеріалу зі шнеком диспергатора та отримання диференціального рівняння руху матеріалу, що описує перехідний режим під час пуску пристрою.

*Основна частина.* Для аналізу руху зернової суміші приймаються такі припущення: при усталеному режимі роботи об'єм шнека повністю заповнений продуктом; об'єм матеріалу, що заповнює шнек на будь-якому кроці має такі ж кінематичні характеристики як і об'єм, що заповнює сусідній крок; під час роботи диспергатора при завантаженні забезпечується сталий тиск  $q$  (рис. 1); товщина витка шнека є незмінною.

Розглядаючи рух матеріалу, що заповнює один виток шнека як одне ціле спробуємо знайти швидкість руху центра мас та кутову швидкість, вважаючи їх сталими. Для визначення цих сталих величин розглянемо перехідний режим руху цього елемента матеріалу під час пуску диспергатора.

Диференціальні рівняння руху виділеного масиву матеріалу мають вигляд:

$$M\dot{y}_c = \sum_I^u F_{ky}, \quad (1)$$

$$I_y\ddot{\phi} = \sum m_y(F_k), \quad (2)$$

де  $M$  – маса об'єму;

$I_y$  – її осьовий момент інерції відносно осі  $y$ ;

$\dot{y}_c$  – прискорення центра мас;

$\ddot{\phi}$  – кутове прискорення;

$F_k$  – сила, що діє на по поверхню масиву;

$F_{ky}$  – проекція сили, що діє на поверхню масиву на напрямок руху;

$m_y(F_k)$  – момент сили  $F_k$  відносно осі  $y$  (рис. 1).

На рис.1 наведені сили, що діють на окремі граничні частини суміші, що взаємодіє з диспергатором.

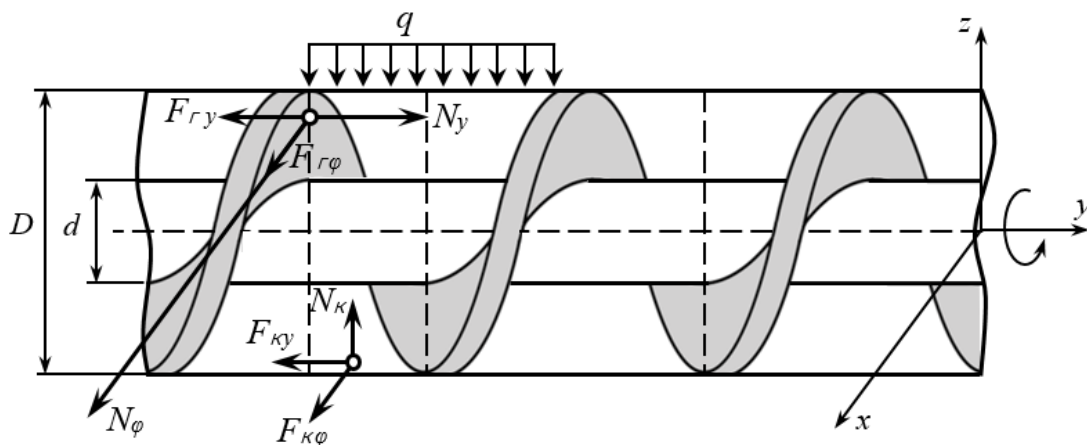


Рис. 1. Розрахункова схема до математичної моделі взаємодії зернового насипного матеріалу зі шнеком диспергатора для подрібнення зернової сировини.

Нормальна реакція гвинтової поверхні при незмінній товщині витка представлена двома складовими: осьовою  $N_y$  і обертальною  $N_\phi$ , причому:

$$N_y = N \cos \alpha, \quad (3)$$

$$N_\phi = N \sin \alpha, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу гвинтової лінії по якій рухається окрема частинка суміші.

Силу тертя на гвинтовій поверхні будемо визначати як  $F_T = fN$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Вектор сили тертя дотичний до гвинтової лінії і на рис. 1 представлений двома складовими  $F_{Ty}$  і  $F_{T\phi}$ , причому  $F_{Ty} = fN \sin \alpha$  а  $F_{T\phi} = fN \cos \alpha$ . Сили тертя, що виникають при взаємодії суміші з корпусом диспергатора обумовлені нормальною реакцією  $N_k$ . Складові сили тертя будемо визначати як:

$$F_{ky} = fN_k \cos \beta; \quad (5)$$

$$F_{k\phi} = fN_k \sin \beta, \quad (6)$$

де  $\beta$  – кут, який утворює вектор швидкості з осьовим напрямом, тобто

$$\cos \beta = \frac{V_y}{V} = \frac{V_y}{\sqrt{V_y^2 + V_\phi^2}}; \quad \sin \beta = \frac{V_\phi}{\sqrt{V_y^2 + V_\phi^2}}. \quad (7)$$

Цілком очевидно, що формулами (3-6) будуть визначатися сили, які діють на об'єм матеріалу який заповнює один виток диспергатора. Тоді диференційовані рівняння (1) і (2) набудуть вигляду

$$M\ddot{y} = N \cos \alpha - fN \sin \alpha - fN_k \cos \beta; \quad (8)$$

$$I\ddot{\phi} = N \sin \alpha R + fN \cos \alpha R - fN_k \sin \beta R_k. \quad (9)$$

В рівнянні (9) в першому наближенні приймається:

$R = (D-d)/2$  – середній радіус гвинтової поверхні;

$R_k = D/2$  – радіус корпусу диспергатора (рис. 1);

$N_k$  – за відомого тиску на вході в диспергатор передбачається визначити як  $N_k = q2\pi RH$ .

Враховуючи, що зміни величини  $y$  і  $\phi$  залежні, а саме

$$y = H\phi/2\pi, \quad (10)$$

де  $H$  – крок шнека диспергатора.

З рівняння (8) отримуємо

$$N(\cos \alpha - f \sin \alpha) = \frac{MH\ddot{\phi}}{2\pi} + fN_k \cos \beta.$$

Звідки 
$$N = \ddot{\phi} \frac{MH}{2\pi(\cos \alpha - f \sin \alpha)} + N_k \frac{\cos \beta}{\cos \alpha - f \sin \alpha}. \quad (11)$$

Підставляючи визначену таким чином нормальну реакцію  $N$  в формулу (9), отримуємо:

$$I_y \ddot{\phi} = \ddot{\phi} \frac{MHR(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{2\pi(\cos \alpha - f \sin \alpha)} - fN_\kappa \sin \beta R_\kappa + N_\kappa \frac{\cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) R}{\cos \alpha - f \sin \alpha}$$

або:

$$\ddot{\phi} \left( I_y - \frac{MHR(\operatorname{tg} \alpha + f)}{2\pi(1 - f \operatorname{tg} \alpha)} \right) = N_\kappa \frac{R \cos \beta (\operatorname{tg} \alpha + f) - \sin \beta (1 - f \operatorname{tg} \alpha) R_\kappa}{1 - f \operatorname{tg} \alpha}. \quad (12)$$

Диференціальне рівняння (12) необхідно розв'язувати приймаючи до уваги, що формула (7) (в зв'язку з тим, що згідно з виразом (10)  $V_y = \dot{y} = \frac{H\dot{\phi}}{2\pi}$ ), набувають вигляду

$$\cos \beta = \frac{\frac{H\dot{\phi}}{2\pi}}{\sqrt{\left(\frac{H\dot{\phi}}{2\pi}\right)^2 + (\dot{\phi}R_\kappa)^2}} = \frac{\frac{H}{2\pi}}{\sqrt{\left(\frac{H}{2\pi}\right)^2 + R_\kappa^2}} = \frac{H}{\sqrt{H^2 + R_\kappa^2 4\pi^2}}. \quad (13)$$

$$\sin \beta = \frac{\dot{\phi}R_\kappa}{\sqrt{\left(\frac{H\dot{\phi}}{2\pi}\right)^2 + (\dot{\phi}R_\kappa)^2}} = \frac{R_\kappa}{\sqrt{\left(\frac{H}{2\pi}\right)^2 + R_\kappa^2}} = \frac{R_\kappa}{\sqrt{H^2 + R_\kappa^2 4\pi^2}}. \quad (14)$$

При розв'язанні диференціального рівняння (12) передбачається, що на початку процесу зернова суміш обертається з кутовою швидкістю шнека, а рух в осьовому напрямку виникає при створенні достатнього тиску  $q$  при подачі матеріалу в диспергатор.

*Висновки.* На переміщення продукту в шнеку диспергатора впливають такі фактори як сила тертя, вологість, стан поверхні і адгезійні властивості частинок матеріалу, що обробляється. Запропонована достатньо проста математична модель, що дозволяє визначити кінематичні характеристики руху зернової суміші в диспергаторі в залежності від його конструктивних характеристик. Отримано диференціальне рівняння руху матеріалу (12), що описує перехідний режим під час пуску пристрою. Встановлені залежності дозволяють більш точно врахувати особливості руху зернового матеріалу в диспергаторі відповідно до розробленої математичної моделі.

### Список використаних джерел

1. Головацкий В. А. Механические и физико-химические способы обработки сырья растительного происхождения с

использованием импульсного воздействия. *Процессы и аппараты пищевых производств*. 2010. № 2(10). С. 1–13.

2. Руднев С. Д., Козлов М. А., Крюк Р. В. Анализ работы и исследование энергетических характеристик роторного диспергатора. *Техника и технология пищевых производств*. 2017. Т. 44, № 1. С. 73–80.

3. Попов А. М., Руднев С. Д., Рыбина О. Е. О селективном измельчении, селективности измельчения и селективной функции. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2006. № 5. С. 42–44.

4. Ошкордин О. В., Лаврова Л. Ю., Усов Г. А. Кинетика и динамика измельчения растительного сырья для производства пищевых продуктов. *Ползуновский вестник*. 2011. № 2(2). С. 202–206.

5. Усов Г. А., Никитин А. М., Ахмедьянов Р. М. Технология получения наноструктурированных дисперсных систем органических полимеров методом механоактивации применительно к производству сухих строительных смесей. *BALTIMIX – сухие строительные смеси для XXI века: Технологии и бизнес: IX Международная специализированная отраслевая конференция*. Петрозаводск, 2009. С. 3.

6. Pivovarov A., Mykolenko S, Hez' Y., Shcherbakov S. Plasma-chemically activated water influence on staling and safety of sprouted bread. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 12, № 2. P. 100–107. DOI: 10.15673/fst.v12i2.940.

7. Измельчитель пищевых продуктов: пат. 2121399 Российская федерация: МПК В02С 18/30 / М. З. Акимов, С. Н. Момотюк, Ю. А. Светайло; заявл. 29.12.1997; опубл. 10.11.1998.

8. Устройство для приготовления тестовой массы из зерна: пат. 2156065 Российская федерация: МПК А21С 1/12, В02С 18/30 / В. К. Жикленков, Г. А. Корсакова, И. Ф. Третьяков; заявл. 22.02.2000; опубл. 20.09.2000.

9. Гевко І. Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання. Тернопіль: ТДТУ, 2008. 307 с.

10. Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Дячун А. Е. Дослідження крутильних коливань шнека у випадку дії імпульсних сил. *Науковий вісник НГУ*. 2015. № 5. С. 64–68.

11. Грудовий Р. С. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 42, ч. 2. С. 171–181.

12. Sharshunov V. A., Kirkor M. A., Evdokimov A. V. Process of crushing sprouted grains of rye, wheat and triticale in combined disperser dryer // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных*

наук. 2019. Т. 57, № 3. С. 357–367. DOI: 10.29235/1817-7204-2019-57-3-357-367.

13. Pankiv V. R., Tokarchuk O. A. Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor. *INMATEH Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 51, № 1. P. 59–68.

14. Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface / R. B. Hevko et al. *INMATEH Agricultural Engineering*. 2015. Vol. 46, № 2. P. 133–138.

15. The study of bulk material kinematics in a screw conveyor-mixer / B. M. Hewko et al. *INMATEH Agricultural Engineering*. 2015. Vol. 47, № 3. P. 156–163.

16. Marinov K. Theoretical Exploration on The Process of Movement of Seeds of Dewingers with Continual Action. *Forestry Ideas*. 2005. № 2. P. 84–94.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ З ШНЕКОВИМ ЖИВИЛЬНИКОМ ПРИ ДИСПЕРГУВАННІ**

Науменко М. М., Миколенко С. Ю., Гурідова В. О., Гезь Я. В.

### *Анотація*

Для здрібнення рослинної сировини і отримання цільозернових хлібних виробів використовують процес диспергування. Задля визначення кінетичних характеристик руху зернової суміші в диспергаторі запропонована математична модель взаємодії зернового насипного матеріалу з шнеком диспергатора для подрібнення зернової сировини. Для незмінного кроку гвинтової поверхні шнека і сталої товщини витка диференціальні рівняння гвинтового руху суміші приведені до одного диференціального рівняння, що описує перехідний режим під час пуску пристрою. Розв'язання отриманого рівняння дозволяє визначати кінематичні характеристики руху суміші в залежності від конструктивних характеристик пристрою та початкових умов руху зернової суміші.

**Ключові слова:** диспергатор, шнек, зернова суміш, диференціальні рівняння руху, кінематичні характеристики.

## **ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ШНЕКОВЫХ ПИТАТЕЛЕМ ПРИ ДИСПЕРГИРОВАНИИ**

Науменко Н. Н., Мыколенко С. Ю., Гуридова В. А., Гезь Я. В.

### *Аннотация*

Для измельчения растительного сырья и получения цельнозерновых хлебных изделий используют процесс диспергирования. Для определения кинетических характеристик движения зерновой смеси в диспергаторе предложена математическая модель взаимодействия зернового насыпного материала со шнеком диспергатора для измельчения зернового сырья. Для постоянного шага винтовой поверхности шнека и постоянной толщины витка

дифференциальные уравнения винтового движения смеси приведены к одному дифференциальному уравнению, которое описывает переходной режим при пуске устройства. Решение полученного уравнения позволяет определять кинематические характеристики движения смеси в зависимости от конструктивных характеристик устройства и начальных условий движения.

**Ключевые слова:** диспергатор, шнек, зернова суміш, дифференциальные уравнения движения, кинематические характеристики.

## **JUSTIFICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF GRAIN RAW MATERIALS and SCREW FEEDER INTERACTION IN DISPERSER**

M. Naumenko, S. Mykolenko, V. Guridova, Y. Gez

### *Summary*

In the food industry for the grinding of raw materials for compliance with the processing technology is widely used dispersion process. Today, treatment with dispersants is used for vegetable raw materials in order to give it certain technological characteristics. Thus, the dispersion of grain raw materials, pre-activated by soaking, allows to obtain a pasty dispersed grain mass, which is used for the production of whole grain breads.

It is known that the process of grinding vegetable raw materials is characterized by significant energy costs, due to the high strength and anisotropy of its properties. When dispersing natural organic polymers, which include grain raw materials, the presence of ultimate destruction is typical. The process of grinding grain raw materials is influenced by a number of factors, one of which is the movement of material using an auger feeder. The problem of studying the effect of additional pressure required to work when loading the material on the process of its movement remains relevant. The task of the work was to develop a scheme of a mathematical model of the interaction of grain material with the screw of the dispersant. Obtaining a differential equation of motion of the material describing the transient mode during device start-up.

To determine the kinetic characteristics of the movement of the grain mixture in the disperser, a mathematical model of the interaction of the grain bulk material with the screw of the dispersant for grinding grain raw materials. For a constant pitch of the helical surface of the auger and a constant thickness of the coil, the differential equations of the helical motion of the mixture are reduced to one differential equation describing the transient mode during the start-up of the device. The solution of the obtained equation allows to determine the kinematic characteristics of the movement of the mixture depending on the design characteristics of the device and the initial conditions of movement of the grain mixture.

**Key words:** dispersant, auger, grain mixture, differential equations of motion, kinematic characteristics.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАПАННОЇ ГОЛОВКИ ГОМОГЕНІЗАТОРА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЗУСТРІЧНИХ СТРУМЕНІВ

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Лебідь М. Р., аспірант,\*

ORCID: 0000-0002-5326-0792

Паляничка Н. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* У молочній промисловості широко використовується гомогенізація для приготування продуктів однорідної консистенції. Гомогенізоване молоко має такі переваги, як поліпшення смакових та сенсорних властивостей, полегшення засвоюваності молочного жиру, підвищення стійкості під час транспортування і зберігання, рівномірний розподіл молочного жиру та пов'язаних із ним вітамінів.

Найбільш розповсюдженими апаратами для гомогенізації молока є клапанні гомогенізатори. Це обумовлено тим, що ступінь подрібнення молочного жиру в таких апаратах є найвищим порівняно з апаратами інших типів. Але клапанні гомогенізатори мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і масу, високу металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапана і досить високу вартість обладнання [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* Сьогодні переважна більшість молока як сировини для виробництва питного молока, вершків та інших видів молочних продуктів гомогенізується. Основні переваги продуктів, виготовлених з використанням гомогенізації: забезпечення рівномірності кольору, смаку, вмісту жиру; поліпшення консистенції, збільшення інтенсивності білого кольору, підвищення стабільності при зберіганні, зменшення осідання жиру та створення більш повного смаку продукту.

Але гомогенізація є одним із найбільш енергоємних процесів у переважній більшості технологічних схем виробництва молочної продукції. Питоме споживання енергії найбільш часто використовуваних гомогенізаторів клапанів досягає 8 кВт-год і є найбільшим з обладнання для переробки молока.

В результаті спроб вирішити існуючі недоліки гомогенізації вчені розробили широкий спектр гомогенізаторів, таких як клапанні, пульсаційні, вакуумні, струменеві, ультразвукові тощо.

Однак жоден з них не поєднує високий ступінь подрібнення глобул молочного жиру (таких як клапани) з низьким споживанням енергії.

Основною причиною таких проблем є відсутність єдиної теорії та механізму диспергування тонкофазної фази жирових емульсій та труднощі з отриманням експериментальних візуальних даних процесу руйнування частинок жиру мікроскопічних розмірів.

Для гомогенізації молока і молочних продуктів в основному використовують клапанні гомогенізатори [1,2].

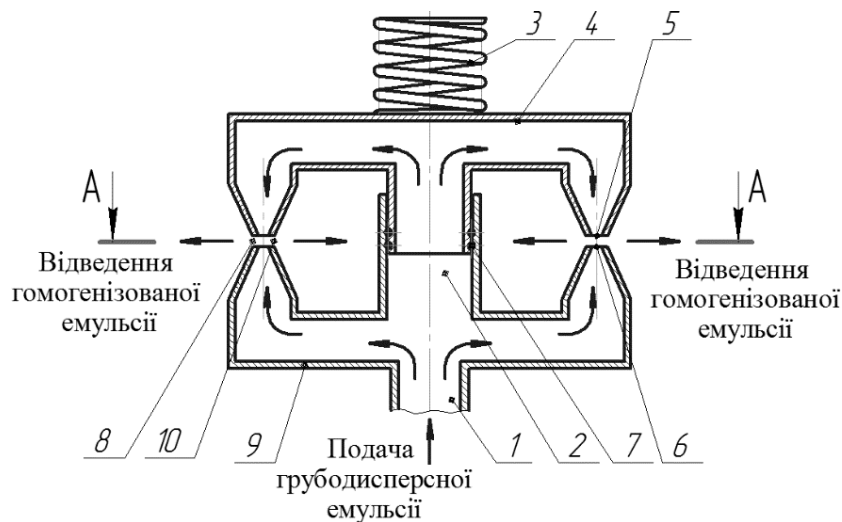
Клапанні гомогенізатори мають декілька істотних недоліків, а саме: високі енерговитрати, великий розмір та масу звідси і високу металоємність, швидкий знос робочих поверхонь клапану і досить високу вартість обладнання (близько 30 тис. долл. при продуктивності 5000 л/год.). Слід зауважити, що закордонні аналоги по цим показникам несуттєво відрізняються [3].

Через масове використання клапанних гомогенізаторів на підприємствах переробної та харчової промисловості, постає проблема енергозатратності процесу.

*Формування цілей статті(постановка завдання).* Метою даної статті є підвищення ефективності клапанної головки гомогенізатора за рахунок використання зустрічних струменів для забезпечення середнього діаметру жирових кульок після диспергування на рівні технологічно обумовлених значень та визначення потужності пристроїв для проведення гомогенізації. Для досягнення поставленої мети, вирішувалось декілька задач, зокрема потрібно було:

- провести розрахунки тиску в протитечійно-струминній головці;
- визначити швидкість подачі рідини;
- оцінка гідродинамічних параметрів;
- провести моделювання гідродинамічних параметрів протитечійно-струминної головки;
- розробити модель у CAD-системі Solidworks;
- провести розрахунки в програмній системі кінцево-елементного аналізу ANSYS;
- виділити напрями її подальшого вдосконалення.

*Основна частина.* В результаті аналізу конструкції клапанних гомогенізаторів можна зробити висновок, що для їх удосконалення доцільною є заміна клапанної головки на протитечійно-струминну. Таке вдосконалення дозволить зменшити енерговитрати і знизити знос деталей головки гомогенізатора. Схема протиточно-струминної головки зображено на рис. 1 [ 4, 5].



1 – канал подачі; 2 – центральний канал; 3 – притискний механізм; 4 – клапан; 5 – кільцеві канали клапана; 6 – кільцеві канали сідла; 7 – ущільнюючі кільця; 8 – зовнішня щілина між клапаном та сідлом; 9 – сідло; 10 – внутрішня щілина між клапаном та сідлом.

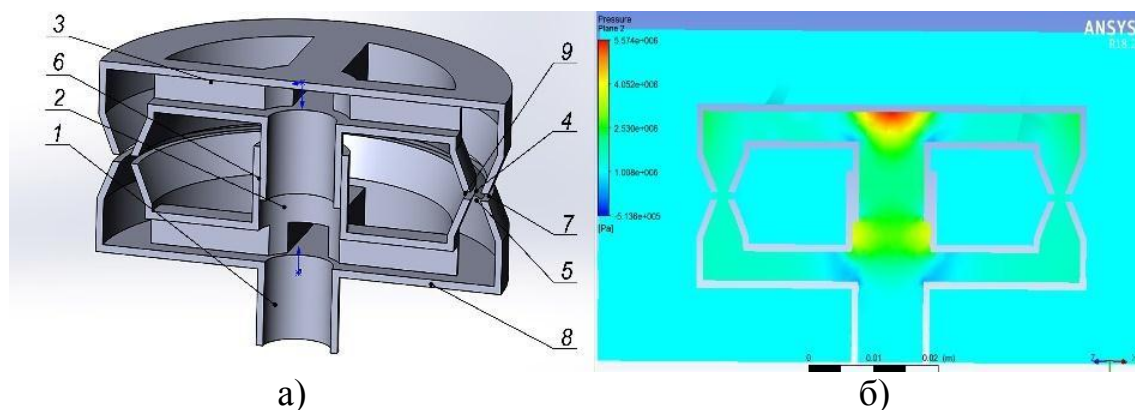
Рис. 1. Схема протиточно-струминної головки.

Головка гомогенізатора працює таким чином. Потік початкової грубодисперсної емульсії через канал подачі 1 під тиском надходить до центрального каналу 2, тисне на клапан 4 і, долаючи силу притискного механізму 3, підіймає його на певну висоту, в результаті чого утворюється щілина між сідлом 9 і клапаном 4 [7]. Після проходження центрального каналу 2 емульсія розділяється на два протилежно направлені потоки. При проходженні потоків емульсії через кільцеві канали клапана 5 і сідла 6 відбувається їх зіткнення та часткова гомогенізація, а саме взаємопроникнення дисперсних часток одного потоку у дисперсійну фазу іншого, завдяки чому утворюється різниця швидкостей між дисперсною часткою та дисперсійною фазою, необхідна для руйнування дисперсної частки. Після зіткнення двох протилежно направлених потоків емульсія розділяється і проходить через зовнішню 8 та внутрішню 10 кільцеву щілину між сідлом 9 та клапаном 4, де утворюється високий градієнт швидкості потоку, завдяки чому відбувається "просковзування" дисперсної частки відносно дисперсійної фази емульсії (утворюється різниця швидкостей між дисперсною часткою та дисперсійною фазою) і відбувається остаточна гомогенізація емульсії та відведення її з головки гомогенізатора.

Для оцінки гідродинамічних параметрів було розроблено модель у CAD-системі Solidworks і проведено розрахунки в програмній системі кінцево-елементного аналізу ANSYS (рис. 2) [6]. Комплекс ANSYS дозволяє моделювати випробування або умови

роботи, перевірити модель у віртуальному середовищі до виготовлення дослідних зразків продукції. ANSYS має потужний функціонал для додавання в розрахунок власних моделей, що робить його придатним як для промислового, так і для науково-дослідного застосування.

Данна конструкція передбачає, що грубодисперсна емульсія під тиском через канал подачі подається в центральний канал, після чого потрапляє в сідло і клапан, розділяючись на протилежно направлені потоки. Під час проходження їх через кільцеві канали клапана і сідла відбувається зіткнення потоків емульсії, завдяки чому утворюється різниця швидкостей між дисперсною частиною та дисперсійною фазою, яка необхідна для руйнування дисперсної частини [8].



а) – 3D-модель; б) – моделювання розподілу полів тиску в ANSYS: 1 – канал подачі; 2 – центральний клапан; 3 – клапан; 4 – кільцеві канали клапана; 5 – кільцевий канал сідла; 6 – ущільнюючі кільця; 7 – зовнішня щілина між клапаном і сідлом; 8 – сідло; 9 – внутрішня щілина між клапаном і сідлом.

Рис. 2. Протитечійно-струминна головка.

Розрахунки тиску в протитечійно-струминній головці показують, що при тиску подачі продукту 5,5 МПа максимальна його концентрація локалізується у верхній центральній частині клапана (до 5,5 МПа). У кільцевих каналах клапана і сідла тиск однаковий і сягає 1,5 МПа.

Розрахунки швидкості рідини показують, що при тиску подачі 5,5 МПа вона має максимальну швидкість 90–95 м/с у каналі подачі й центральному клапані [9]. Швидкість рідини в клапані перевищує швидкість у сідлі, внаслідок чого швидкість у кільцевих каналах клапана перевищує швидкість у кільцевих каналах сідла у 2 рази.

Проведене моделювання гідродинамічних параметрів протитечійно-струминної головки дозволяє виділити напрями її подальшого вдосконалення.

У головці є зони локального підвищення тиску, розташовані не в кільцевих каналах головки, що призводить до непродуктивного

підвищення енерговитрат [10]. Для усунення цього недоліку необхідно змінити форму внутрішніх поверхонь з'єднань каналів сідла і клапана з каналом подачі й центральним клапаном.

Зона максимальної швидкості потоку рідини концентрується переважно в каналі подачі. При виході з нього вона починає різко зменшуватися. Таким чином, під час руху до кільцевих каналів, на виході з яких відбувається гомогенізація, швидкість потоку зменшується в 2–4 рази і відрізняється в зустрічних потоках у 2 рази. Для ефективної гомогенізації потоки повинні мати однакову швидкість, для чого необхідно збільшити діаметр каналу подачі емульсії в головку.

*Висновки.* Запропоноване вдосконалення протитечіно-струминної головки клапанного гомогенізатора, за результатами комп'ютерного моделювання, дає змогу зменшити питомі енерговитрати у 3-5 разів. Це досягається за рахунок використання нової конструкції головки клапанного гомогенізатора без повної зміни нового гомогенізатора. При цьому вирішується проблема закупівлі нового обладнання. Завдяки такому вдосконаленню конструкції з'являється можливість суттєво зменшити енергетичні витрати лінії переробки молока на підприємствах харчової промисловості і молокозаводах.

### Список використаних джерел

1. Самойчук К. О. Розвиток наукових основ гідродинамічного диспергування молочних емульсій. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. – Харків: ХДУХТ, 2018. 44 с.
2. Drankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*. 2014. Vol. 4, № 5. P. 2-8.
3. Гвоздев О. В Пошук конструктивного рішення імпульсного гомогенізатора молока / О. В. Гвоздев, Н. О. Паляничка, В. М. Яворницький // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. Вип.8, т.7. С. 28–32.
4. Фиалкова Е. А. Гомогенизация. Новый взгляд: монография–справочник / Е. А. Фиалкова. СПб: ГИОРД, 2006. 392с.
5. Нужин Е. В. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк. – Одесса: Печатный дом, 2007. 264 с.
6. Конюхов А. В. Основы анализа конструкций в Ansys / А. В. Конюхов. Казань, 2001. 102 с.
7. Пат. 106521, Україна, МКИ5 А01J 11/00, В01F 3/00. Головка гомогенізатора / Самойчук К. О., Дейниченко Г. В., Султанова В. О., Ялпачик Ф. Ю., заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. № u201511243, заявл. 16.11.15, опубл. 25.04.2016. Бюл. № 8.
8. Самойчук К. О., Удуд В. І. Застосування

протитечійноструминної гомогенізації для вдосконалення процесу переробки молока / Самойчук К. О., Удуд В. І. // Праці третьої міжнародної практичної конференції – Харків – Мелітополь – Кирилівка, Україна 2019. 79 с.

9. Postelmans, A., Aernouts, B., Jordens, J., Van Gerven, T., Saeys, W. Milk homogenization monitoring: Fat globule size estimation from scattering spectra of milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020, 60 p.

10. Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., Van Boekel M. A. J. S. Dairy technology: Principles of Milk Properties and Processes. Part II: Processes. New York.: Marcel Dekker Inc, 199. 246 p.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАПАННОЇ ГОЛОВКИ ГОМОГЕНІЗАТОРА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЗУСТРІЧНИХ СТРУМЕНІВ**

Самойчук К. О., Лебідь М. Р., Паляничка Н. О.

### *Анотація*

Підвищення конкурентоспроможності молочних продуктів безпосередньо пов'язане з проблемою зменшення енергоємності процесу диспергування емульсії молока. Створюючи перспективні типи енергоефективних диспергаторів, необхідною умовою є вибір коректної аналітичної моделі, яка враховує специфіку процесу диспергування мікроемульсії жирного молока.

На основі критичного аналізу методів дослідження гомогенізаторів різних типів визначено основні напрямки їх вдосконалення, враховані при розробленому методі дослідження перспективного гомогенізатора молока.

Визначено переваги та недоліки процесу клапанної та протиточно-струминної гомогенізації. Представлено схему протиточно-струминної головки. Розроблено модель у САD-системі Solidworks і проведено розрахунки в програмній системі кінцево-елементного аналізу ANSYS.

**Ключові слова:** гомогенізація, емульсія, енергетичні витрати протиточно-струминна гомогенізація.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАПАННОЙ ГОЛОВКОЙ ГОМОГЕНИЗАТОРА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСТРЕЧНЫХ СТРУЙ**

Самойчук К. О., Лебедь М. Р., Паляничка Н. А.

### *Аннотація*

Создавая перспективные типы энергоэффективных диспергаторов, необходимым условием является выбор правильной аналитической модели, учитывающей специфику процесса диспергирования микроэмульсии жирного молока.

На основе критического анализа методов исследования гомогенизаторов различных типов, определены основные направления их совершенствования, учтены при разработанном методе исследования перспективного гомогенизатора молока.

Определены преимущества и недостатки процесса клапанной и противоточно-струйной гомогенизации. Представлена схема противоточно-

струйной головки. Разработана модель в CAD-системе Solidworks и проведены расчеты в программной системе конечно-элементного анализа ANSYS.

**Ключевые слова:** гомогенизация, эмульсия, энергетические затраты, противоточно-струйная гомогенизация.

## INCREASING EFFICIENCY OF THE VALVE OF THE HOMOGENIZER DUE TO THE USE OF COUNTER JETS

K. Samoichuk, M. Lebid, N. Palyanychka

### *Summary*

When creating promising types of energy-efficient dispersants, a necessary condition is the choice of a correct analytical model that takes into account the specifics of the process of dispersing the microemulsion of fat milk.

Based on a critical analysis of research methods of homogenizers of different types, the main directions of their improvement are determined, taken into account in the developed method of research of a promising milk homogenizer.

The advantages and disadvantages of the process of valve and counter-jet homogenization are determined. The improved design of the valve head provides that the coarse emulsion under pressure through the supply channel is fed into the Central channel, and then enters the seat and the valve, dividing into oppositely directed flows. As they pass through the annular channels of the valve and the seat, the emulsion flows collide, resulting in a velocity difference between the dispersed part and the dispersed phase, which is necessary for the destruction of the dispersed part.

The scheme of the countercurrent jet head is presented. A model in the CAD-system Solidworks was developed and calculations were performed in the software system of finite element analysis ANSYS.

Calculations of the fluid velocity show that at a supply pressure of 5.5 MPa, it has a maximum velocity of 90–95 m / s in the supply channel and the central valve. The speed of the fluid in the valve exceeds the speed in the seat, as a result of which the speed in the annular channels of the valve exceeds the speed in the annular channels of the seat 2 times.

The proposed improvement of the countercurrent-jet head of the valve homogenizer, according to the results of computer simulation, allows to reduce the specific energy consumption by 3-5 times. This is achieved by using a new design of the valve homogenizer head without completely changing the new homogenizer. This solves the problem of purchasing new equipment. With this design improvement, it is possible to significantly reduce the energy costs of the milk processing line in the food industry and dairies.

**Key words:** homogenization, emulsion, energy costs countercurrent homogenization.

УДК 631.361.8.001.6:635.64 DOI:10.31388/2078-0877-2021-21-1-116-124

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА-ПРОТИРАЛЬНИКА ТОМАТІВ

Доценко Н. А., д.п.н.

ORCID: 0000-0003-1050-8193

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. (0512) 40-37-80

*Постановка проблеми.* Забезпечення населення продукцією та виробництва первинною сировиною є важливою соціально-економічною задачею розвитку країни, яку частково вирішують фермерські господарства. Але значна частина продукції не доходить до споживача через втрати на полі, при транспортуванні, зберіганні і переробці. В області переробки томатів приховані великі невикористані можливості, які могли б служити додатковими резервами отримання продуктів харчування. Ці резерви пов'язані з усуненням чи зменшенням таких негативних явищ, виникаючих при переробці, як втрата маси, порівняно низький вихід, зниження біологічної цінності продуктів та ін. Особливо важко усунути ці проблеми в умовах малих фермерських господарств, які слабо забезпечені високопродуктивним обладнанням. В той час як великі компанії мають фінансові можливості для закупки такого обладнання і таким чином монополізують сектор переробки томатопродукції.

В галузі переробки томатопродукції використовується багато різноманітного за своїми функціями обладнання, у зв'язку з тим, що існують та продовжують поновлюватися нові технології, то комплекс обладнання, що може застосовуватися в конкретних виробничих умовах, повинен задовольняти його вимогам та сировинним запасом. Вдосконалення машин та обладнання в технологічних процесах сприятиме зниженню енерго-, металоємності та зменшення екологічних ризиків в умовах фермерських господарств. Актуальним завданням вітчизняної галузі переробки томатів є підвищення споживчої якості продукції за умов оптимізації вибору комплектного обладнання для технологічної лінії переробки томатів з використанням вдосконаленого обладнання.

*Аналіз останніх досліджень.* Переробна промисловість пропонує широкий асортимент продукції, виготовленої із томатів, у тому числі томатний сік, концентровану томатну пасту та томат-пюре. Виробництво цієї продукції включає в себе наступні технологічні етапи: мийка плодів, сортування, подрібнення, очищення від шкірки, (концентрація за необхідності), стерилізація та

наповнення тари [1]. В роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників переважно представлені технологічні аспекти переробки томатопродукції. Увага приділялася питанню зменшення енергетичних витрат, максимальному зменшенню відходів, мінімізації впливу руйнуючих факторів, збереженню корисних властивостей та наданню продуктам натуральності та безпечності [2]. Розробка моделей процесу очищення від шкірки можлива за умови наявності великої кількості томатів, включаючи томати спеціальних сортів, підтримки стабільності переробки при очищенні від шкірки і оцінки фізичних параметрів протягом усього дослідження, т.я. модель, розроблена для одного сорту томатів і однієї умови очищення від шкірки забезпечує невелику потенційну можливість застосування до інших установок в зв'язку з відмінностями в сортах томатів і методах і умовах очищення від шкірки [3].

Також проведені дослідження, які стосуються контролю виробництва томатопродукції та визначення критичних точок виробництва [4]. Представлена технологія переробки томатів, що включає миття томатів, їх подрібнення, знезаражування, яка відрізняється тим, що томати подрібнюють до високодисперсійного стану, розділяють подрібнену масу на рідку і щільну фракції, при цьому рідку фракцію спочатку піддають мікрофільтрації, а концентрат, який залишився, направляють на вакуумно-розпилювальну сушильну установку для зневоднювання і стерилізації, а отриманий продукт пакують [5]. Закордонні дослідження приділяли увагу визначенню стиглості томатів, що також є фактором, який впливає на якість очищення від шкірки [6] та відмінності механіко-технологічних властивостей в залежності від сорту продукту [7].

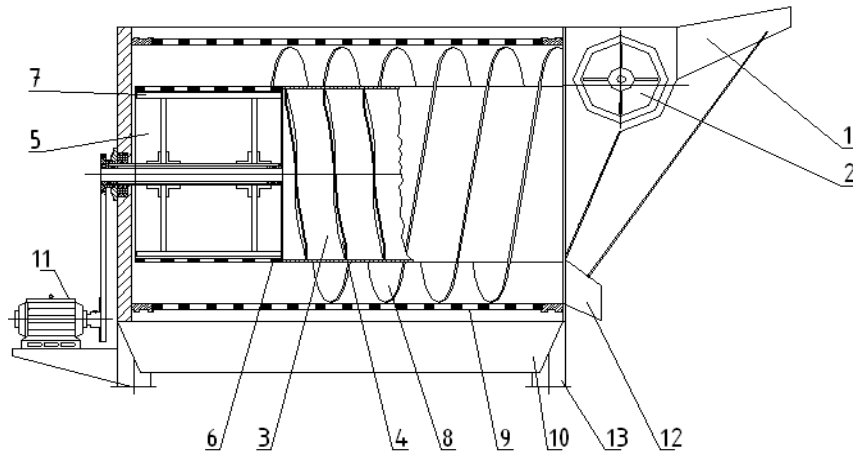
Технологічним аспектам переробки томатів приділяється достатня увага, але існує проблема розробки обладнання для переробки томатів в умовах фермерських господарств.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є представлення конструктивного вдосконалення машини для переробки томатів, визначення факторів впливу на технологічний процес та надання рекомендацій щодо оптимальних режимів роботи запропонованої конструкції.

*Основна частина.* Взаємодія з робочими елементами на оброблюваному об'єкті переслідує дві цілі: зміна початкового стану технологічної маси та максимальне запобігання пошкодженню насіння [8]. Приділялася увага розробці технологічної лінії та виділенню насіння [9]. До складу такої лінії може входити запропоноване конструктивне рішення [10]. Виникає необхідність вдосконалення конструкції, метою якого є збільшення виходу соку,

підвищення продуктивності машини, покращення якості подрібненого матеріалу; збільшення терміну служби ріжучих елементів і зниження енерговитрат, а також підвищення надійності роботи шляхом запобігання забиванню шнека.

Вирішення цієї задачі може бути досягнуто при впровадженні конструктивного рішення подрібнювача-протиральника (рис.1).



1 – горловина; 2 – подрібнювач, 3 – внутрішній барабан; 4 – витки шнеку; 5 – протиральна камера; 6 – внутрішній перфорований барабан; 7 – протиральні пластини; 8 – зовнішній шнек; 9 – перфорований барабан; 10 – піддон; 11 – привід; 12 – вивантажувальний лоток; 13 – рама.

Рис. 1. Схема лабораторної установки вдосконаленого конструктивного рішення подрібнювача-протиральника.

Процес переробки томатів за допомогою запропонованого конструктивного рішення відбувається наступним чином. Сировина крізь завантажувальний бункер 1 направляється на первинне подрібнення подрібнювальним пристроєм 2. Під час транспортування до протиральної камери 5 витками шнеку 3 виконується додаткове подрібнення, а підготовлена технологічна маса поступає в протиральну камеру, де здійснюється протирання пластинами 4. Відокремлений сік проходить крізь отвори зовнішнього перфорованого барабану 9. Витки шнека 8 можуть бути виконані конічними зі зменшенням їх діаметру в напрямку руху технологічної маси, що забезпечує збільшення зазору між перфорованою поверхнею барабана 9 і витками 8. Це запобігає забиванню і заклинюванню шнека. Пластини протиральної камери можуть бути закріплені під кутом до його повздовжньої осі, що полегшує процес протирання і прохід оброблюваного матеріалу у внутрішню порожнину. Відходи витками шнеку 8 направляються до вивантажувального лотка 12.

Застосування машини дозволяє зменшити витрати робочого часу, досягти зниження металоємності, підвищення продуктивності технологічної лінії переробки плодоовочевої та ягідної сировини в

господарствах з невеликими обсягами виробництва, в тому числі фермерських.

Якість виконання технологічного процесу залежить від конструктивних параметрів машини, що забезпечує процес подрібнення сировини, її розділення на фракції за рахунок протирання подрібненої маси (пульпи), відведення сокової фракції і видалення фракції відходів (шкірка) та насіння.

Запропонована лабораторна установка має наступні технічні характеристики:

- довжина протирального решета першого барабана – 500 мм;
- довжина протирального решета другого барабана – 990 мм;
- діаметр ґратчастого циліндра першого барабана – 300 мм;
- діаметр ґратчастого циліндра другого барабана – 340 мм;
- протиральний барабан укомплектований шістьма білами.

Для можливості вивчення характеру розподілу загальної маси пульпи по довжині решіт, протиральний барабан був розділений на шість рівних зон. Довжина однієї зони склала 165 мм, або 16,6% загальної довжини решета. Пропускна спроможність решета по зонах протирання (у кг за одиницю часу) встановлювалася шляхом виміру пульпи.

Перед початком експериментальних досліджень необхідно по можливості вибрати всі чинники, що впливають на процес, і вказати межі їх варіювання. На початковій стадії вивчення будь-якого об'єкту з використанням теорії планування експерименту необхідно, окрім ретельного вивчення літератури і раніше одержаних матеріалів, провести апріорне ранжирування чинників, яке виконується методом експертної оцінки [11]. До статистичної оцінки значимості факторів обрано наступні фактори, що впливають на якість роботи: X1 – рівень надходження подрібненої маси; X2 – кількість бил, шт.; X3 – матеріал решета барабану; X4 – лінійна швидкість обертання барабану, м/с; X5 – вологість подрібненої маси, %; X6 – розміри частинок, що протираються, мм; X7 – площа живого перерізу барабана; X8 – довжина протирального барабану, мм; X9 – зазор било-решето, мм; X10 – форма отворів решітного барабану (кругла); X11 – діаметр отворів решета, мм; X12 – швидкість обертання барабана, м/с. Аналіз результатів експертної оцінки і їх статистичної обробки дозволяє зробити висновок про найбільший вплив на хід і якість виконання технологічного процесу таких чинників як: X2 та X8, X9, X11, X12. Чинники X1 і X3-X7 можна відкинути і виключити при проведенні подальших досліджень з використанням теорії планування експерименту.

Дослідження пропускної спроможності решета першого протирального барабана машини по зонах протирання (довжині барабана) проводилися при різних діаметрах отворів решіт (3, 4 і 5

мм) і режимах роботи протиральних бил (швидкість обертання 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 м/с). Розподіл пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 3 мм залежно від режимів роботи протиральних бил показаний на рис. 2.

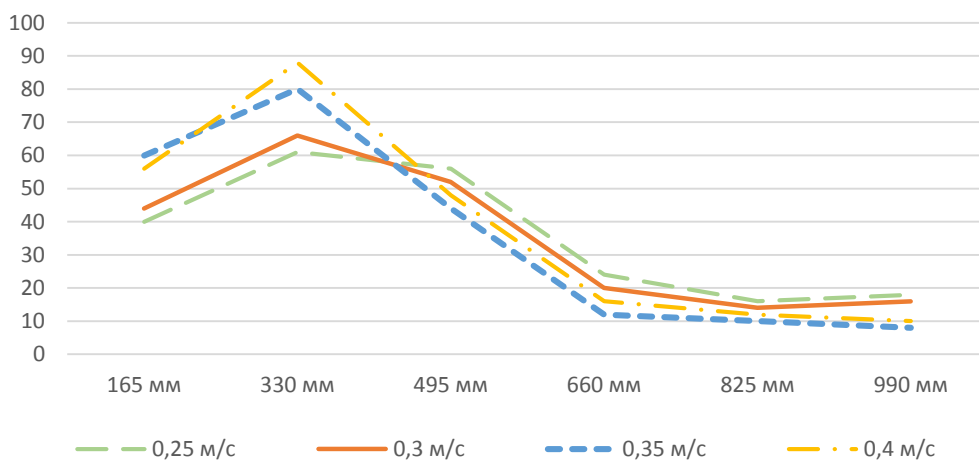


Рис. 2. Розподіл пульпи по довжині протиального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил (v) і діаметру отворів решета 3 мм.

З графіку видно, що основна маса (від 90 до 50%) подрібнених плодів, що надходить всередину барабана, протирається в зонах 2 (від 165 до 330 мм), 3 (від 330 до 495 мм) та 4 (від 495 до 660 мм); (зона 1 на графіку не представлена), які складають 67% довжини барабана. У зонах 5 і 6, які займають 33% його довжини, залежно від режимів, протирається 8–18% загальної маси пульпи в одиницю часу. При швидкості обертання бил понад 0,4 м/с на зони 5 і 6 доводиться 8–10% загальної вагової кількості матеріалу.

Аналізуючи графік (рис. 2) розподілу загальної кількості пульпи по довжині першого протиального барабана, можна зробити висновок, що із збільшенням швидкості обертання бил довжина робочої зони решета, де здійснюється протирання, скорочується.

Так, якщо при режимі 0,25-0,3 м/с в зонах 1–3, тобто на половині довжини барабана, протиралося більше 60% вхідної маси, то при режимі 0,4 м/с – 85%. Таким чином, при швидкості обертання 0,4 м/с і вище можливо зменшення довжини протиального барабана на 25%.

На рис. 3 показано розподіл пульпи по довжині барабана залежно від режимів роботи протиральних бил при діаметрі отворів решіт 4мм. Вагова кількість пульпи в зонах 1–3 при режимах 0,25 і 0,3 м/с складає від 90 до 50% всієї його пропускної спроможності.

Аналогічні дані одержані при діаметрі отворів решета 3мм. Однакова пропускна спроможність решіт з різними діаметрами отворів (4 і 3мм) в зонах 1–3 пояснюється тим, що коефіцієнт живого перерізу вказаних решіт однаковий і рівний 0,437.

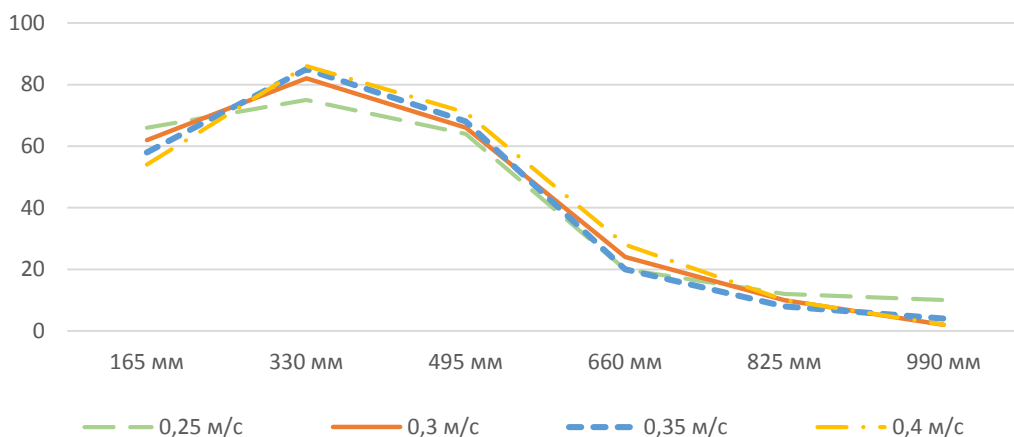


Рис. 3. Розподіл пульпи по довжині протираального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил ( $v$ ) і діаметру отворів решета 4 мм.

Починаючи з швидкості 0,35 м/с і вище спостерігається зниження пропускної спроможності зон 1–3 в порівнянні з решетом, що має діаметр отворів 3 мм в середньому на 6%. Таким чином, різниця діаметрів отворів решіт (4 і 3 мм) істотно не відображається на продуктивності подрібнювача в цілому. Проте рівна пропускна спроможність решіт з діаметром отворів 3 і 4 мм зберігається в проміжок часу не більше 1 години роботи.

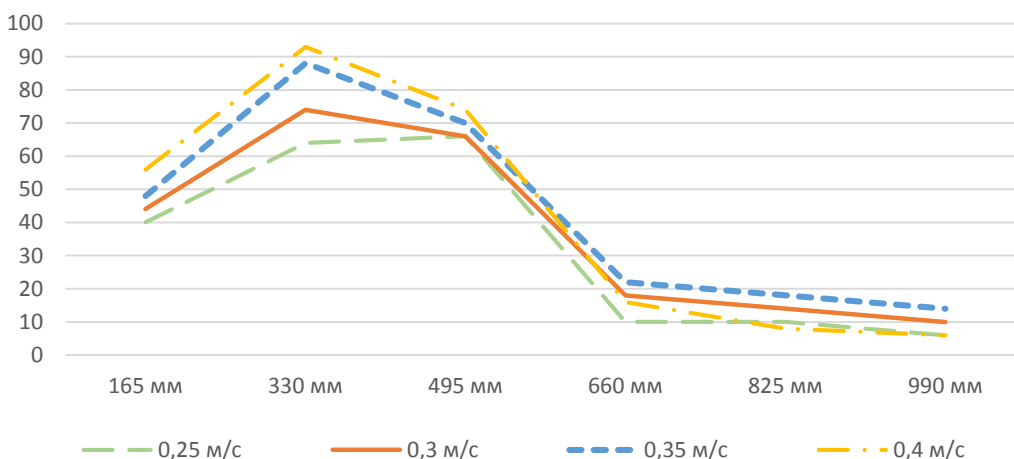


Рис. 4. Розподіл пульпи по довжині протираального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил ( $v$ ) і діаметру отворів решета 5 мм.

Надалі має місце залипання решета з діаметром отворів 3 мм, при цьому не протерта маса поступає у вихід «шкірка», викликаючи великі втрати соку. Тому установка решіт з діаметром отворів 3 мм недоцільна.

Розподіл пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 5 мм по його довжині залежно від режимів роботи протираальних бил показано на рис.4. Аналіз даних показує, що характер розподілу

загальної пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 5 мм істотно відрізняється від розподілу пульпи на решетах з діаметром отворів 3 і 4 мм.

Так, при режимі 0,25 м/с на половині довжини решета, тобто в зонах 1–3, протирається 88% всієї вхідної маси, а при режимі 0,4 м/с – 93%. Таким чином, в процесі переробки плодів в протиральному барабані, укомплектованому решетою з діаметром отворів 5 мм, на 2/3 його довжини протираються 88–93% всієї маси, що поступає. Звідси витікає, що такий барабан при даних конструктивних параметрах підвищує потенційний резерв продуктивності до 20%.

*Висновки.* Запропоноване конструктивне рішення подрібнювача-протиральника представлено в лабораторній установці, що дозволила провести експериментальні дослідження, результати яких представлено в статті. Проведені дослідження дозволили вибрати оптимальні режими роботи установки. Окрім того, проведене дослідження процесу подрібнення і протирання мезги свідчить про те, що внутрішній протиральний барабан доцільніше укомплектовувати решетами з діаметром отворів 5 мм; частота обертання барабану повинна бути більше, ніж 0,35 м/с, що робить можливим протирання 88–93% пульпи. Перспективою подальших розвідок у зазначеному напрямку може бути впровадження подрібнювача-протиральника у технологічну лінію.

### Список використаних джерел

1. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. Харків: Світ Книг, 2014. 495 с.
2. Безусов А. Т., Тоценко О. В. Аналіз сучасних методів переробки томатів. *Харчова наука та технологія*. 2017. Vol. 11, № 2. С. 45–55. DOI: 10.15673/fst.v11i2.513.
3. Garcia E., Watnik M., Barrett D. M. Can We Predict Peeling Performance of Processing Tomatoes? *Journal of Food Processing and Preservation*. 2006. Vol. 30, № 1. P. 46–55. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2005.00046.x.
4. Розроблення блок-схеми виробництва томатного кетчупу на основі концентрованих томатопродуктів / М. І. Валько та ін. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 1(64). С. 103–108.
5. Технологія переробки томатів: пат. 49758 А Україна: МПК А23В 7/00, А23В 7/02 (2006.01). № 2002 054183; заявл. 22.05.2002; опубл. 16.09.2002. Бюл. № 9.
6. Barrett D. M., Garcia E., Miyao G. Defects and Peelability of Processing Tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2006. Vol. 30, № 1. P. 37–45. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2005.00045.x.
7. Milczarec R. R., Mccarthy M. J. Prediction of processing tomato

peeling outcomes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2011. Vol. 35, № 5. P. 631-638. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2011.00512.x.

8. Комплексна технологічна лінія повного циклу переробки томатів з виділенням насіння: пат. 58968 Україна: МПК А23N 15/00. № u2010 13159; заявл. 05.11.10; опубл. 26.04.11. Бюл. № 8.

9. Машина для відокремлення плодовоовочевого та ягідного соку з м'якоттю: пат. 32413 Україна: МПК А23N 15/00. № u2008 00981 заявл. 28.01.08; опубл. 12.05.08. Бюл. № 8.

10. Переверзев Е. С., Пошивалов В. П., Даниев Ю. Ф. Математическая модель обработки результатов экспериментального опроса на основе интервального анализа и нечетких чисел. *Придніпровський науковий вісник. Сер. Економіка*. Днепропетровск, 1998. № 58. С. 125.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА-ПРОТИРАЛЬНИКА ТОМАТІВ

Доценко Н. А.

### *Анотація*

В статті представлено результати дослідження пропускної спроможності подрібнювача-протиральника томатів. Описано схема лабораторної установки вдосконаленого конструктивного рішення подрібнювач-протиральника та наведено технічні характеристики. Метою вдосконалення конструкції є збільшення виходу соку, підвищення продуктивності машини, покращення якості подрібненого матеріалу; збільшення терміну служби ріжучих елементів і зниження енерговитрат, а також підвищення надійності роботи шляхом запобігання забиванню шнека. Зроблено висновок про найбільший вплив на хід і якість виконання технологічного процесу таких чинників як кількість бил, довжина протиального барабану; зазор било-решето; діаметр отворів решета; швидкість обертання барабана. Було проведено дослідження розподілу пульпи по довжині протиального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил і діаметрів отворів решета 3, 4 та 5 мм відповідно. Визначено, що внутрішній протиальний барабан доцільніше укомплектовувати решетами з діаметром отворів 5 мм; частота обертання барабану повинна бути більше, ніж 0,35 м/с, що робить можливим протиання 88-93% пульпи.

**Ключові слова:** томати, подрібнювач-протиральник томатів, подрібнення сировини, переробка сільськогосподарської продукції.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-ПРОТИРЩИКА ТОМАТОВ

Доценко Н. А.

### *Аннотация*

В статье представлены результаты исследования пропускной способности измельчителя-протирищика томатов. Описана схема лабораторной установки усовершенствованного конструктивного решения измельчителя-протирищика и

приведены технические характеристики. Целью совершенствования конструкции является увеличение выхода сока, повышение производительности машины, улучшение качества измельченного материала; увеличение срока службы режущих элементов и снижение энергозатрат, а также повышение надежности работы путем предотвращения засорения шнека. Сделан вывод о наибольшем влиянии на ход и качество выполнения технологического процесса таких факторов как количество бичей, длина протирочного барабана; зазор бич-решето; диаметр отверстий решета; скорость вращения барабана. Было проведено исследование распределения пульпы по длине протирочного барабана (%) в зависимости от скоростных режимов бил и диаметров отверстий решета 3, 4 и 5 мм соответственно. Определено, что внутренний протирочный барабан целесообразнее укомплектовывать решётами с диаметром отверстий 5 мм; частота вращения барабана должна быть больше, чем 0,35 м / с, что делает возможным протирания 88-93% пульпы.

**Ключевые слова:** томаты, измельчитель-протирщик томатов, измельчение сырья, переработка сельскохозяйственной продукции.

## RESULTS OF RESEARCH OF THE THROUGHPUT OF THE TOMATO CHOPPER-WIPER

N. Dotsenko

### *Summary*

The article presents the results of the study of the throughput of the tomato chopper-wiper. A constructive improvement of the tomato processing machine, namely a chopper-wiper, is proposed. The scheme of laboratory installation of the improved constructive solution of the chopper-wiper is described. The technical characteristics of the laboratory installation of the proposed constructive solution are given, namely: the length of the wiping sieve of the first drum, the length of the wiping sieve of the second drum; diameter of a lattice cylinder of the first drum 300 mm; diameter of a lattice cylinder of the second drum 340 mm; the number of beats in the wiping drum. Based on the results of the expert assessment, a conclusion was made about the greatest impact on the course and quality of the technological process of such factors as the number of beats, the length of the wiping drum; ridge clearance; the shape of the holes of the sieve drum; diameter of sieve holes; drum rotation speed. The purpose of the constructive improving is to increase the juice yield, increase the productivity of the machine, improve the quality of the chopped material; increasing the service life of cutting elements and reducing energy consumption, as well as increasing the reliability of work by preventing clogging of the auger. A study of the capacity of the sieve of the first wiping drum of the machine on the areas of wiping (drum length) was carried out at different diameters of the holes of the sieves (3, 4 and 5 mm) and modes of operation of wiping beats 0.25, 0.3, 0.35 0.4 m / s). The graphs of the distribution of the pulp along the length of the wiping drum (%) depending on the speed modes of the beats and the diameters of the holes of the sieve 3, 4 and 5 mm. It is determined that the inner wiping drum should be equipped with sieves with a hole diameter of 5 mm; the speed of rotation of the drum should be more than 0.35 m / s, which makes it possible to wipe 88-93% of the pulp.

**Key words:** tomatoes, tomato chopper-wiper, grinding of raw materials, processing of agricultural products.

## НАПРЯМКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ МІНІ-ПЕКАРНІ НА РУХОМІЙ ПЛАТФОРМІ

Стадник І. Я., д.т.н.

ORCID: 0000-0003-4126-3256

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

Матенчук Л. Ю., к.с.-г.н.,

ORCID: 0000-0002-4051-4546

Новак Л. Л., к.с.-г.н.,

ORCID: 0000-0002-9509-9044

Головкіна Л. І., інженер

ORCID: 0000-0002-7881-830X

*Уманський національний університет садівництва*

Тел. (097) 545-48-29

*Постановка проблеми.* Останнім часом у світі постійно проводяться роботи з розроблення та вдосконалення технологічних ліній для виробництва борошняних кондитерських та дрібноштучних булочних виробів, що складаються з машинно-апаратної схеми приготування тіста, формування та його випікання. Динаміка розвитку хлібопекарської промисловості у світі свідчить, що сьогодні пріоритет мають технології, які забезпечують максимальне збереження у готовому продукті смакових і харчових властивостей первинної сировини, термічна обробка яких веде до значних втрат їх смакових, харчових властивостей. Тому сучасні тенденції до приготування борошняної продукції висувають наукові і науково-технічні проблеми, що охоплюють одразу декілька областей знань. Важливою вимогою технічного і технологічного процесу залишається оптимізація наукових досліджень з подальшим оперативним впровадженням їх результатів в промисловість [1]. Ефективну роль у виконанні цих вимог все більше відіграє математичне та імітаційне моделювання. Використання моделювання при розрахунках, аналізі і перспективному прогнозуванні технологічних процесів на міні виробництві хлібобулочної продукції, переконливо підтверджує його цілеспрямованість і переваги.

*Аналіз останніх досліджень.* Сучасне харчове виробництво – складна система, в якій для виробництва продуктів харчування, зокрема хлібопекарської, кондитерської промисловості визначальну роль відіграє об'єднання інформаційних, матеріальних та нематеріальних ресурсів [2]. Тому, для прийняття оптимальних рішень на міні-виробництві необхідно своєчасно аналізувати та враховувати ефект взаємодії компонентів технологічної системи. Для підтримки конкурентних переваг необхідно постійно шукати нові методи та засоби удосконалення продукції і її розширення в

асортименті. Похідними цілями діяльності міні-виробництв є виробництво продукції високої якості та низької собівартості, завоювання певної ніші на ринку, задоволення споживчого попиту населення міста, району, села в умовах надзвичайних ситуацій. Найважливіші ознаки міні-виробництва, його сутність розкривається у виконанні основних функцій, що мають позитивну та негативну сторони.

Позитивними рисами міні - виробництва є:

- гнучкість і мобільність в управлінні та організації виробництва борошняної продукції;
- обґрунтоване використання технологічного обладнання, менший рівень запасів сировини, ремонтного пристосування;
- раціональна організація технологічної системи;
- швидка адаптація до умов навколишнього середовища, місцевих умов, запасів споживачів, оперативне оновлення асортименту, багатоцільове використання обладнання;
- невисокі експлуатаційні витрати;
- відносно невеликий капітал для створення міні-виробництв на рухомій платформі;
- можливість зменшення витрат на виробництво продукції за рахунок вузької спеціалізації, енергоресурсів, обслуговуючого персоналу, доставки продукції та ін.;
- значна роль у створенні нових робочих місць та їх забезпечення кваліфікованими працівниками;
- ідентифікація з певною територією; наявність власної території реалізації.

Основними недоліками діяльності міні-виробництв є:

- низька продуктивність праці;
- мала здатність впровадження капіталомісткі досягнення науки і техніки;
- обмеженість у своєчасному проведенні ремонтних робіт;
- низька забезпеченість комплектуючими запасними деталями, вузлами.

Перераховані вище позитивні та негативні сторони, напрямки, фактори розвитку технологічної системи та проблеми існування системи міні-виробництва, а також жорсткі вимоги до енергозбереження, захисту навколишнього середовища, економії та скорочення виробничих площ, обслуговуючого персоналу і термінів освоєння нових видів продукції при одночасному зниженні якості вітчизняної сировини, є досить гострою проблемою створення нових напрямків управління системою з регулюючими в широкому діапазоні робочими параметрами процесів.

Навіть просте зіставлення позитивних та негативних сторін діяльності міні-виробництв борошняної продукції, які є

суперечливими в межах єдиної системної сутності, свідчать про домінування позитивних рис, а тому є перспективними у розширенні масштабів своєї діяльності. Розв'язання таких задач неможливе без аналізу особливостей технологічних процесів, як складного об'єкта управління, аналізу існуючих систем. Визначення перспективних шляхів вдосконалення систем управління технологічним комплексом міні-виробництва на основі сучасних досягнень науки і практики управління базується на впровадженні нових технологій та передових розробок технологічного обладнання.

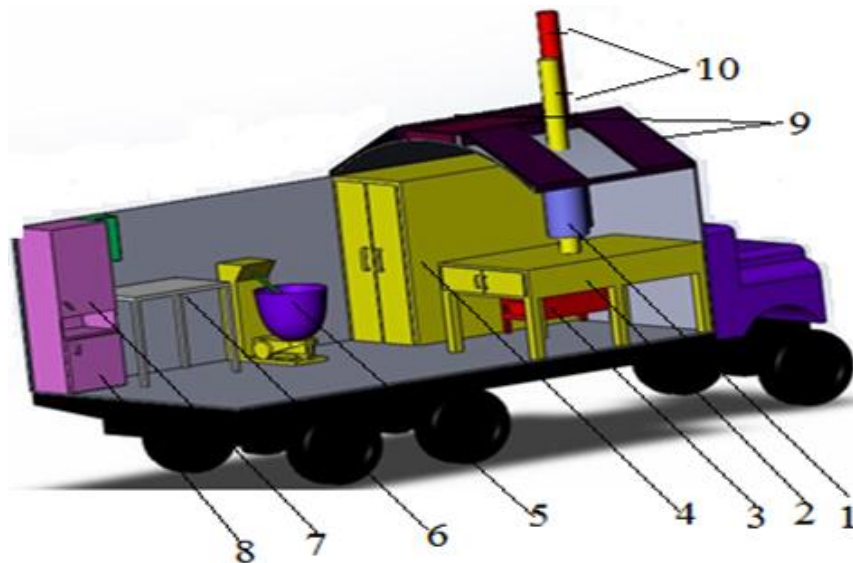
Сьогодні на більшості міні виробництвах крім широкого асортименту виробів, набув значного поширення випуск додаткової спорідненої продукції, що пов'язана із технологічною системою даного виробництва [3]. Це має важливе значення для міні-пекарні, так як використовується сировина, що вирощується, виробляється на території України. Вона може комбінуватися з іншими видами сировини. Враховуючи постійну базу забезпечення сировиною, реальне випікання для забезпечення продукцією населення певного району, міста та села, дозволяє постачати її свіжою, високої якості при мінімальних витратах.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті передбачено розкрити об'єктивний підхід до розроблення і застосування міні-пекарні на рухомій платформі в умовах надзвичайних ситуаціях природного та техногенного характеру.

*Основна частина.* а) *Узагальнення напрямку застосування і дослідження міні-пекарні.* Існуючі системи управління технологічних процесів міні-виробництва в певній мірі забезпечують оперативне комплексне реагування на швидкоплинні зміни ситуаційної поведінки технологічних систем, що залежать від багатьох чинників сировинного та організаційно - ремонтного характеру. Проведений аналіз розвитку дозволив виділити особливості та шляхи удосконалення міні-пекарень як складного об'єкта управління: оцінку комплексних показників якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції; апроксимацію основних змінних процесу і визначення тенденції його розвитку; встановлення критеріїв для оцінки функціонування процесу управління технологією, проведення оцінки деформаційних впливів на напівфабрикати і готову продукцію при змінних рухах технологічного обладнання на рухомій платформі автомобіля, та дослідним шляхом визначити шляхи їх розв'язання.

На основі викладеного нами запропоновано виробництво хлібобулочних виробів з наданням побутових послуг в автономному режимі на рухомій платформі автомобіля в умовах надзвичайних ситуацій техногенного, природного і воєнного характеру. Це є актуальним в період проведення військових навчань, в умовах бойових дій, прифронтових районах і місцях розташування військових

підрозділів.



1 – теплообмінник; 2 – хлібопекарська піч; 3 – пічка; 4 – шкаф вистоювання; 5 – тістомісильна машина; 6 – формувальний стіл; 7 – інвентарна шафа; 8 – холодильник; 9 – сонячні батареї; 10 – димові труби.

Рис. 1. Розміщення технологічного обладнання міні-пекарні.

б) *Опис розробки.* Спроекований комплекс складається із автомобіля «Краз» з причепом. На платформі машини з розмірами 6х3м розміщується фургон. Всередині змонтовано технологічне і допоміжне обладнання: хлібопекарська піч на дровах з продуктивністю 160кг/год, тістомісильна машина, водопідігрівачі, допоміжне обладнання. На причепі розміщується склад сировини, дрова, автономний генератор, дві пральні побутові машини, душеві kabіни, водопідігрівачі, під фургоном збірний бак для дощової води. На верхніх частинах фургонів розміщуються сонячні батареї та напірні баки для води. Вода за рахунок сонячної енергії підігрівається в період виробничого циклу та переїзду до точки призначення. Загальний вигляд запропонованої технологічно-конструктивної схеми міні-пекарні представлено на рис. 1.

в) *Шляхи та принцип ефективності управління технологічною системою міні-пекарні.* При створенні обладнання для виробництва хлібобулочної продукції перевага віддається методу механічної обробки, що дає можливість контролювати виробничі процеси в цілому та отримати різноманітний асортимент виробів високої якості. Адже розробка вітчизняних технологій хлібобулочних виробів і рекомендацій щодо створення обладнання для їх механізованого виробництва на міні-пекарні з використанням додаткових енергоресурсів димових газів та сонячної енергії є актуальними. Тому методологічні підходи розроблення раціональних технологічних процесів механічної обробки тіста, його дозрівання, випікання,

зберігання продукції базується на системному аналізі процесів на макро- та мікрорівнях у межах кожної підсистеми.

Обґрунтування оптимальних типів технологічного обладнання для міні-пекарні і структури технологічної схеми виробництва хлібобулочних виробів може бути вирішено на основі поєднання експериментальних досліджень та моделювання ймовірнісних значень. Особливо сюди можна віднести існуючі технологічні характеристики і можливі типи машин з множиною робочих факторів.

Виходячи з фізико-механічних та біологічних особливостей тіста до якості роботи машини при дії зовнішніх змінних навантажень (в період руху платформи автомобіля), пред'являються жорсткіші вимоги, порівняно із загальновиробничими машинами. Зокрема, машини повинні бути надійними і зручними в експлуатації та забезпечувати необхідний у кожному конкретному випадку процес. Відповідно вони повинні швидко і повністю очищатися при переході від одного сорту до іншого, робочі органи не повинні травмувати тісто та впливати на зменшення якості процесу. При застосуванні допоміжного обладнання, воно повинно сприяти значному підвищенню продуктивності і якості.

Тому для збільшення ефективності і продуктивності мініпекарні на рухомій платформі необхідно передбачити напрямки по:

- створенню і впровадженню у виробництво високоефективного технологічного обладнання, що відповідає сучасним вимогам;
- широкому впровадженню комплексу системи автоматичного управління технологічними процесами з використанням обчислювальної техніки;
- рівномірному переміщенню (зручне розташування технологічного обладнання) сировини, напівфабрикатів, готових виробів протягом усього технологічного процесу при рухомій платформі автомобіля;
- рівномірному розподілу, як усіх, так і окремих технологічних операцій між окремими одиницями технологічного обладнання та виробничим персоналом;
- синхронності операцій на всіх робочих місцях.

Враховуючи складність виробництва хлібобулочної продукції в умовах зовнішніх факторів, механізм управління комплексом має базуватися й функціонувати за загальними принципами формування технологічної системи. Особливості управління виробництвом і наданням послуг зумовлюють потреби визначення специфічних принципів: професіоналізм персоналу в управлінні технологічним комплексом даної системи. Справа в тому, що через різноманітність зміни технологічної систем, та специфіки роботи міні-пекарні, проблема визначення способів досягнення управління є вельми трудомісткою. Крім того, оскільки технологічні системи виробництва

хлібобулочної продукції на хлібозаводах володіють найкращими розробками науки та техніки, то міні-пекарня не в повному обсязі може визначити способи досягнення таких можливостей, а лише в узагальненому вигляді. Тому для деталізації способів досягнення механізму управління процесом на міні-пекані необхідно конкретно розробити напрямки розвитку технологічної системи виробництва продукції, обґрунтування якої має визначити технологічне обладнання і програму випуску продукції.

Отже, для раціонального проектування і виготовлення високоефективних міні-пекарень з наданням побутових послуг на рухомій платформі автомобіля необхідно розглядати закономірності процесу деформації в реологічному відношенні харчових мас. Зазвичай, при розгляді дії додаткових факторів впливу на середовище, в якості основної силової дії на неї необхідно розглядати нормальне напруження. Однозначно, що в залежності від форми додаткових впливів на рухому платформу в області деформації по вібрації і довжині зворотно-поступального її руху, значення буде різне. Нерівномірність впливу деформації на весь технологічний процес виробництва хліба, обумовлено часом контакту різних форм поверхонь дороги і значенням площі контакту коліс. Тому динамічна задача полягає у визначенні дії робочого органу тістомісильної машини в зоні контакту на в'язко-пружно-пластичне середовище та його поведінка в подальших технологічних процесах.

Для забезпечення населення хлібобулочними виробами в умовах надзвичайних ситуацій техногенного характеру та в умовах бойових дій, проблема надійності є однією з основних, що визначає ефективність роботи міні-пекарні. Забезпечення надійності і довговічності обладнання повинно ґрунтуватися на виконанні певних умов і заходів на етапах проектування, виготовлення та експлуатації. Конструктивна розробка взаємозв'язків технологічного обладнання, з метою забезпечення довговічності і зносостійкості, повинна проводитись з урахуванням:

- раціональної схеми взаємозв'язків при роботі обладнання, їх конфігурації та розмірів з точки зору впливу на зносостійкість.

- раціонального вибору матеріалів з урахуванням впливу на них технологічних середовищ.

- доцільного розрахунку і вибору кінематичних і силових параметрів навантаження елементів контактної взаємодії.

- вибору ефективних видів мастил і систем змащування вузлів тертя, а також захисту їх від попадання з технологічних середовищ частинок матеріалів.

За основний принцип оцінювання і забезпечення надійності технологічного обладнання міні-пекарні є оцінка випробувань як усього обладнання, так і окремих його елементів на етапах розробки,

при освоєнні його виробництва та експлуатації. Задачі оптимізації надійності міні-пекарні, особливо при рухомій платформі в постійних складних технологічних та конструктивних режимах, при проектуванні необхідно узгодити удосконалення зв'язків між структурними елементами машин. Складність полягає в тому, що на характер взаємодії між конструктивними елементами впливає складність фізичних, хімічних, біологічних та інших процесів, які протікають в період роботи. Тому необхідно постійно проводити пошук методів у детальному вивченні і визначенні дії силових параметрів та можливе зменшення вібраційних впливів.

*Висновки.* Враховуючи проведений загальний опис напрямку використання розробленого і проектного технологічного обладнання для міні-пекарні та додержання конструктивних й технологічних вимог до виробництва хлібобулочної продукції, необхідно спрямувати зусилля на більш глобальне використання енергоресурсів природного характеру та димових газів. Однозначно, необхідно передбачити і різні зовнішні впливи в процесі руху автомобіля, кліматичні умови та запаси сировинних матеріалів. Тому комплекс питань по виробництву хлібобулочної продукції пов'язаний з науковим обґрунтуванням та визначенням раціональних технологічних і конструктивних параметрів міні-пекарні на рухомій платформі.

#### **Список використаних джерел**

1. Стадник І. Я. Науково–технічні основи процесів та розробка обладнання для безлопатевого замішування тіста: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12 / НУХТ. Київ, 2014. 40 с.
2. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія / А. І. Соколенко та ін. Київ: Фенікс, 2012. 484 с.
3. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник. Москва: Высшая школа, 1980. 469 с.
4. Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Піддубний В. А. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія. Київ: Люксар, 2008. 443 с.
5. Стадник І. Я., Лісовенко О. Т. Процеси та машини для замішування тіста. Тернопіль: ТНТУ, 2011. 212 с.
6. Methodology of determination of temperature flows in the zone of action of valveworking swath / A. Derkach, I. Stadnuk, V. Sukhenko, V. Vasyliv. *Journal of Prodindastri APK*. 2017. № 3. P. 19–23.
7. Bloksma A., Niemann W. The effects of temperature on some rheological properties of wheat flour doughs. *Journal of Texture studies*. 1975. Vol. 6, № 3. P. 343–361. DOI: 10.1111/J.1745-4603.1975.TB01130.X.
8. Simulation of components mixing in order to determine rational

parameters of working bodies / I. Stadnyk, T. Vitenko, P. Drozdziel, A. Derkach. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016. Vol. 10, № 31. P. 130-138. DOI: 10.12913/22998624/64068.

## **НАПРЯМКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ МІНІ-ПЕКАРНІ НА РУХОМІЙ ПЛАТФОРМІ**

Стадник І. Я., Матенчук Л. Ю., Новак Л. І., Головкина Л. Л.

### *Анотація*

Проведено аналіз сучасних тенденцій у приготуванні борошняної продукції, які висувають наукові і науково-технічні проблеми, що охоплюють одразу декілька областей знань.

Розглянуто та проаналізовано можливість використання технологічного обладнання і технології при проектуванні міні-пекарні на рухомій платформі автомобіля. Запропоновано основні напрямки можливого керування технологічною системою виробництва хлібобулочної продукції в умовах деформаційного впливу зовнішнього середовища та узагальнений напрямок надійності роботи комплексу на колесах. Проаналізовано динамічну дію робочого органу тістомісильної машини в зоні контакту на в'язко-пружно-пластичне середовище та його поведінка в подальших технологічних процесах.

Відзначено, що для забезпечення населення хлібобулочними виробами в умовах надзвичайних ситуацій техногенного характеру та в умовах бойових дій, проблема надійності є однією з основних, що визначає ефективність роботи міні-пекарні.

**Ключові слова:** міні-пекарня, технологічна система, хлібобулочні вироби, рухома платформа автомобіля.

## **НАПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ МИНИ-ПЕКАРНИ НА ПОДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЕ**

Стадник И. Я., Матенчук Л. Ю., Новак Л. И., Головкина Л. Л.

### *Аннотация*

Рассмотрены современные тенденции к приготовлению мучной продукции, которые выдвигают научные и научно-технические проблемы, возникающие сразу в нескольких областях знаний.

Рассмотрены и проанализированы возможности использования технологического оборудования и технологии при проектировании мини-пекарни на подвижной платформе автомобиля. Предложены основные направления возможного управления технологической системой производства хлебобулочной продукции в условиях деформационного воздействия внешней среды и обобщенное направление надежности работы комплекса на колесах. Проанализировано динамическое воздействие рабочего органа тестомесильной машины в зоне контакта на вязко-упруго-пластическую среду и их поведение в последующих технологических процессах.

Отмечено, что для обеспечения населения хлебобулочными изделиями в условиях чрезвычайных ситуаций техногенного характера и в условиях боевых действий, проблема надежности является одной из основных, определяющих эффективность работы мини-пекарни.

**Ключевые слова:** мини-пекарня, технологическая система, хлебобулочные изделия, подвижная платформа автомобиля.

## **DIRECTIONS OF RELIABILITY OF WORK OF A MINI-BAKERY ON A MOBILE PLATFORM**

I. Stadnyk, L. Matenchuk, L. Novak, L. Golovkina

### *Summary*

The important requirement of technical and technological process on scientific researches optimization with the subsequent operative implementations of their results in the industry is considered. An analysis of current trends in the preparation of flour products, which raise scientific and technical problems, covering several areas of knowledge is done. The possibility of using technological equipment and technology in the design of a mini-bakery on a mobile car platform is considered and analyzed. The basic directions of possible management of technological system of production of bakery products in the conditions of deformation external environment influence and the generalized direction of reliability of work of a complex on wheels is offered. For highly efficient operation of mini-bakeries it is necessary to consider the actions of additional factors influencing the environment, as the main force on them as well as vibration. It is noted that depending on the form of additional effects on the moving platform in the field of deformation by vibration and the length of its reciprocating motion, the values will be different, and accordingly the change in product quality. The dynamic action of the working body of the kneading machine in the contact zone on the viscous and elastic and plastic medium and its behavior in further technological processes are analyzed. It is noted that to provide the population with bakery products in emergencies of man-made nature and in combat, the problem of reliability is one of the main determinants of the efficiency of the mini-bakery. It is established that ensuring the reliability and durability of equipment and compliance with the technological process should be based on the implementation of certain conditions and measures at the stages of design, manufacture and operation.

**Key words:** mini-bakery, technological system, bakery products, mobile car platform.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И РЕЖИМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МОДУЛЬ ПОМОЛА ПАНИРОВОЧНЫХ СУХАРЕЙ

Харкевич В. Г., к.т.н., ORCID: 0000-0002-9647-5304  
Евдокимов А. В., ст. преподаватель ORCID: 0000-0002-9724-0187  
*Могилевский государственный университет продовольствия*  
Тел. (0222) 63-37-28

*Постановка проблемы.* В производстве панировочных сухарей при измельчении получают полидисперсный материал (сахарную крошку) с широким разбросом частиц по диаметру [1-3].

Абсолютные размеры частиц панировочных сухарей обусловлены технологическим регламентом и ГОСТом [4] требующими получение панировочных сухарей со строго заданным фракционным составом. Крупность частиц измельченного материала используется как для оценки качества продуктов измельчения, так и для энергетической оценки процесса. Остаток для панировочных сухарей из хлеба высшего, первого и второго сорта на сите №1,2 должен составлять не более 5% при массовой доле влаги не более 10%.

На крупность продуктов измельчения влияют [5-7]:

- конструктивные параметры (диаметр ротора, число ударных элементов, наличие отражательной плиты и угол ее установки, форма камеры дробилки);
- технологические параметры (окружная скорость вращения ударных элементов, форма и степень износа ударных элементов);
- физико-механические параметры исходного материала.

*Анализ последних достижений.* В настоящее время в Республике Беларусь исследованию вопроса выработки панировочных сухарей не уделялось должного внимания. Авторами, для успешного проведения научных исследований, связанных с вопросом выработки панировочных сухарей из хлебных сухарей в реальных условиях производственного процесса на ОАО «Витебскхлебпром», был изготовлен опытный образец мельницы (дробилки ударного действия) и сформированы требования необходимые для проведения экспериментальных исследований на данном образце. Кроме этого были успешно проведены предварительные экспериментальные исследования по измельчению хлебных сухарей из пшеничной муки различной влажности, подтвержденные актом опытно-промышленных испытаний мельницы.

*Формулирование целей статьи (постановка задачи).* Целью данной работы явилось исследование влияния технологических (начальная влажность измельчаемого материала) и режимно-конструктивных (величина подачи измельчаемого материала в камеру измельчения и окружная скорость ударных элементов дробилки) параметров на модуль помола панировочных сухарей.

*Основная часть.* Для определения дисперсности измельченного материала использовался метод ситового анализа [8-9], который применяется когда важно знать не только степень измельчения и модуль помола, но также величину вновь образованной поверхности и гранулометрический состав получаемого продукта [10]. Для получения точных данных о характере дисперсности измельчаемого продукта использовался рассев РЛ-3М с набором сит. Для повышения точности получаемых результатов навесы для отсева брались из проб в трехкратной последовательности.

Показатель, с помощью которого можно оценить тонкость помола, является средневзвешенный диаметр частиц (модуль), определяемый по формуле (1) [11]:

$$M = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} \cdot P_0 + \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot P_1 + \dots + \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \cdot P_n}{G}, \quad (1)$$

где  $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$  – масса остатка навески на дне и на соответствующих ситах классификатора, г;  $d_0, d_1, d_2, \dots, d_n$  – диаметр отверстий соответствующих сит, мм;  $G$  – общая масса навески, г.

*Влияние окружной скорости молотков на модуль помола панировочных сухарей*

На рис. 1-2 представлены экспериментальные графические зависимости модуля помола от окружной скорости вращения молотков роторной дробилки при различной величине подачи материала в дробилку и различной начальной влажности материала. Данные зависимости носят криволинейный характер.

Увеличение окружной скорости не может быть предельным и существуют оптимальные ее значения для различных схем измельчения и вида перерабатываемых материалов.

Анализ экспериментальных графических зависимостей показывает, что при достижении окружной скорости молотков  $V=71$  м/с модуль помола уменьшается. Дальнейшее увеличение окружной скорости молотков приводит к повышению импульса сообщаемого воздушному потоку, из-за чего в рабочей камере дробилки возникает значительный насосный эффект. В данном случае насосный эффект снижает время пребывания материала в зоне обработки, тем самым повышая средневзвешенный размер частиц получаемого материала. Молотковая роторная дробилка, при

различных технологических и режимно-конструктивных параметрах обеспечивает помол со средневзвешенным размером получаемых частиц в диапазоне  $0,15 \div 0,66$  мм.

Зависимости, представленные на рис. 1, получены при начальной влажности сухарей из пшеничной муки  $W_H = 5\%$ .

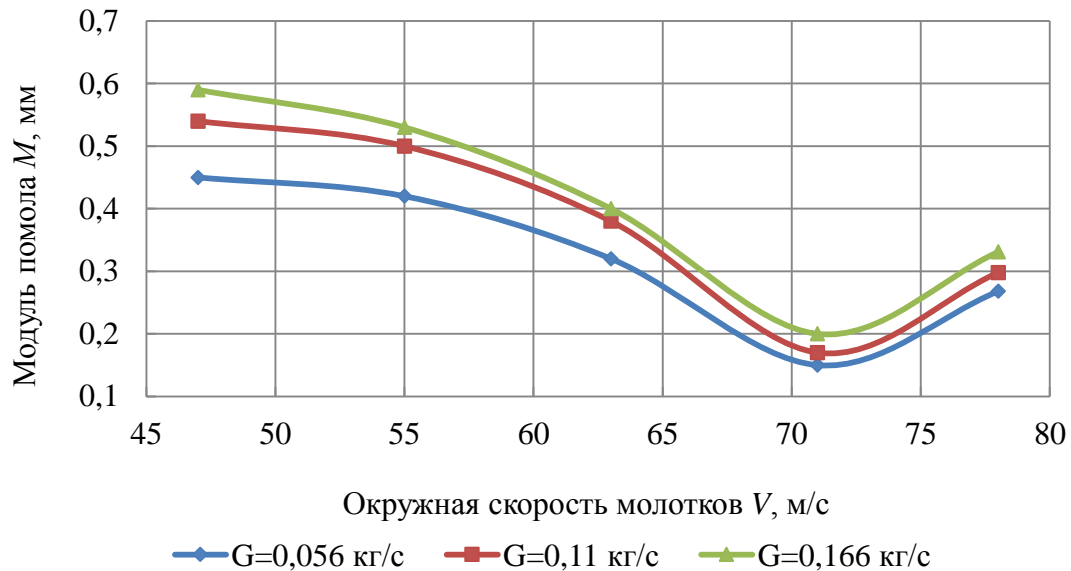


Рис. 1. Зависимость модуля помолу  $M$  от окружной скорости молотков  $V$ .

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением окружной скорости молотков уменьшается значение модуля помолу.

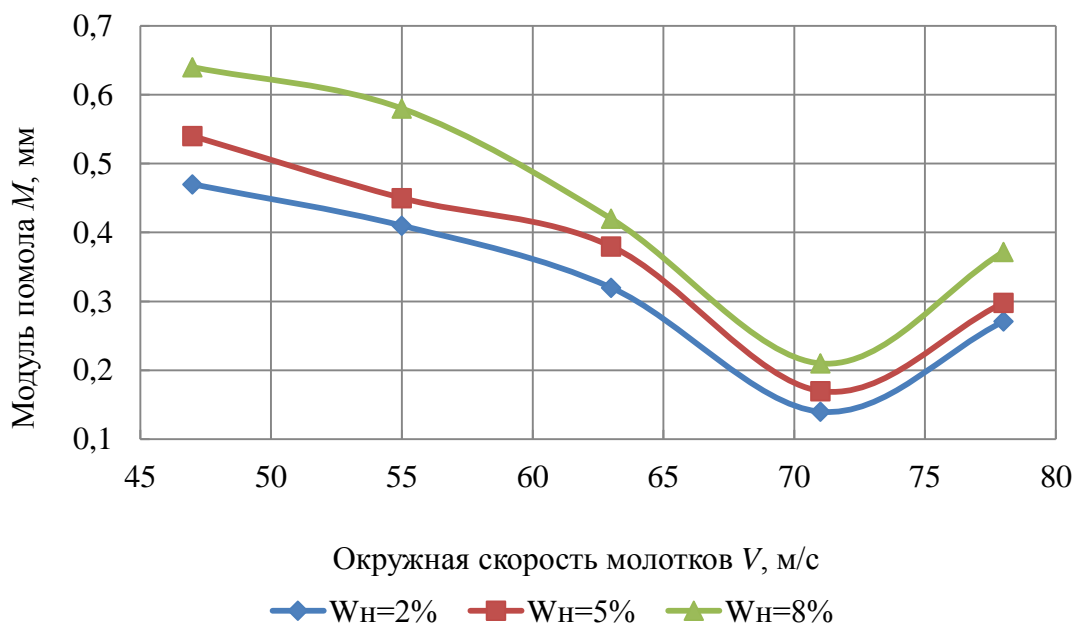


Рис. 2. Зависимость модуля помолу  $M$  от окружной скорости молотков  $V$ .

Зависимости, представленные на рис. 2, получены для величины подачи материала в дробилку  $G=0,11$  кг/с. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением начальной влажности материала увеличивается значение модуля помола.

Установлено, что модуль помола принимает экстремальное значение при окружной скорости молотков равной  $V=71$  м/с независимо от начальной влажности материала и величины подачи материала в дробилку.

*Влияние величины подачи материала на модуль помола панировочных сухарей*

На рис. 3-4 представлены экспериментальные графические зависимости модуля помола от величины подачи материала в дробилку при различной окружной скорости молотков и начальной влажности материала.

Зависимости, представленные на рис. 3, получены при начальной влажности сухарей из пшеничной муки  $W_H=5\%$ . Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением величины подачи материала в дробилку модуль помола возрастает независимо от окружной скорости молотков.

Зависимости, представленные на рис. 4, получены при окружной скорости молотков роторной дробилки  $V=78$  м/с. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением величины подачи материала в дробилку модуль помола возрастает независимо от начальной влажности материала.

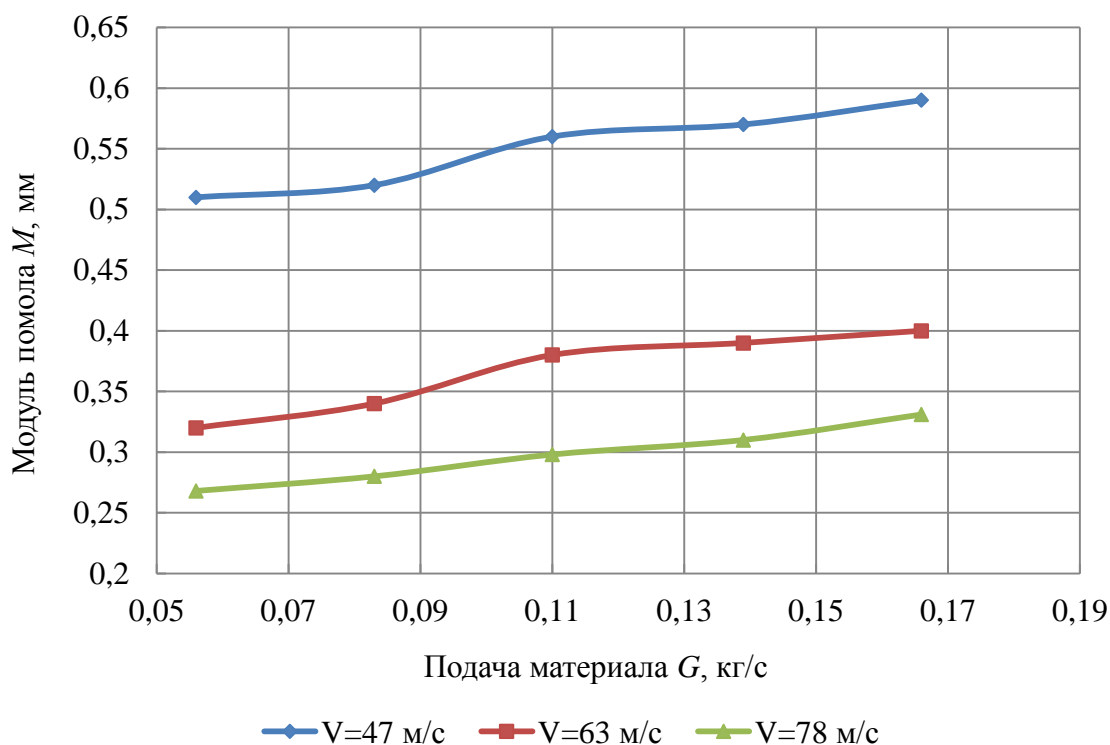


Рис. 3. Зависимость модуля помола  $M$  от величины подачи материала  $G$ .

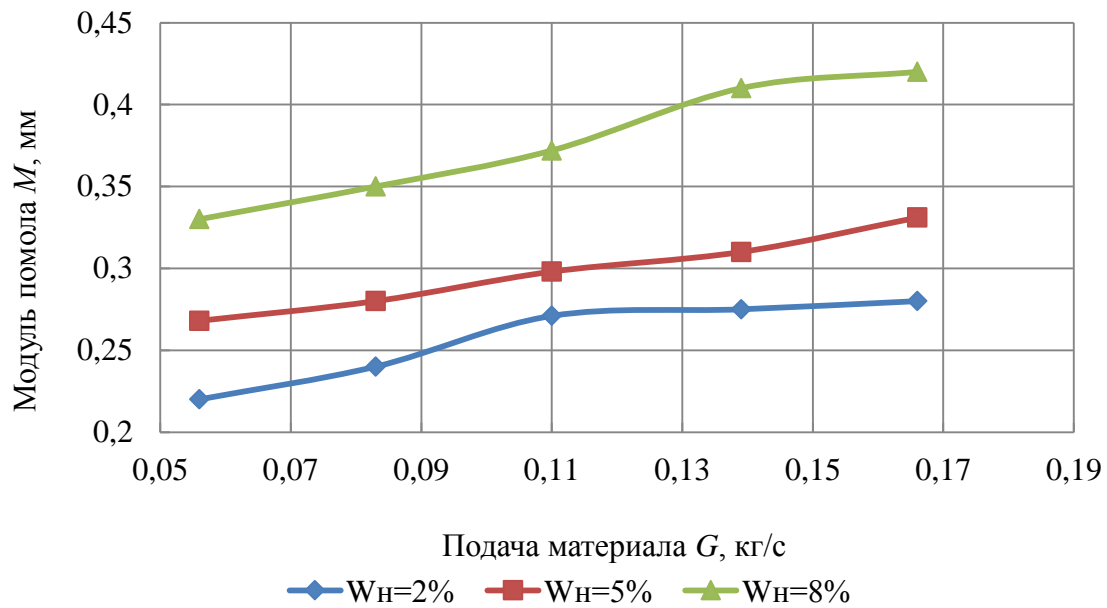


Рис. 4. Залежність модуля помола  $M$  від величини подачі матеріала  $G$ .

*Влияние начальной влажности материала на модуль помола панировочных сухарей*

На рис. 5-6 представлені експериментальні графічні залежності модуля помола від значення початкової вологості матеріала при різній окружній швидкості молотків і величині подачі матеріала в дробилку.

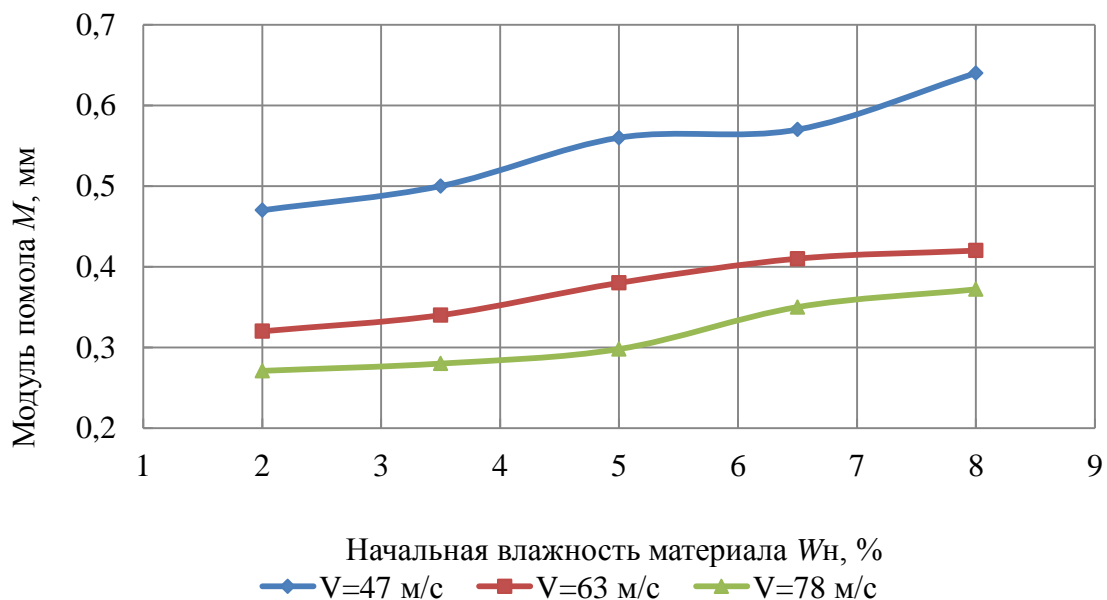


Рис. 5. Залежність модуля помола  $M$  від початкової вологості матеріала  $W_n$ .

Залежності, представлені на рис. 5, отримані для величини подачі матеріала в дробилку  $G=0,11$  кг/с. Аналіз отриманих експериментальних даних показує, що з збільшенням значення

начальной влажности материала модуль помола возрастает независимо от окружной скорости молотков.

Зависимости, представленные на рис. 6, получены при окружной скорости молотков роторной дробилки  $V=78$  м/с. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением значения начальной влажности материала модуль помола возрастает независимо от величины подачи материала в дробилку.

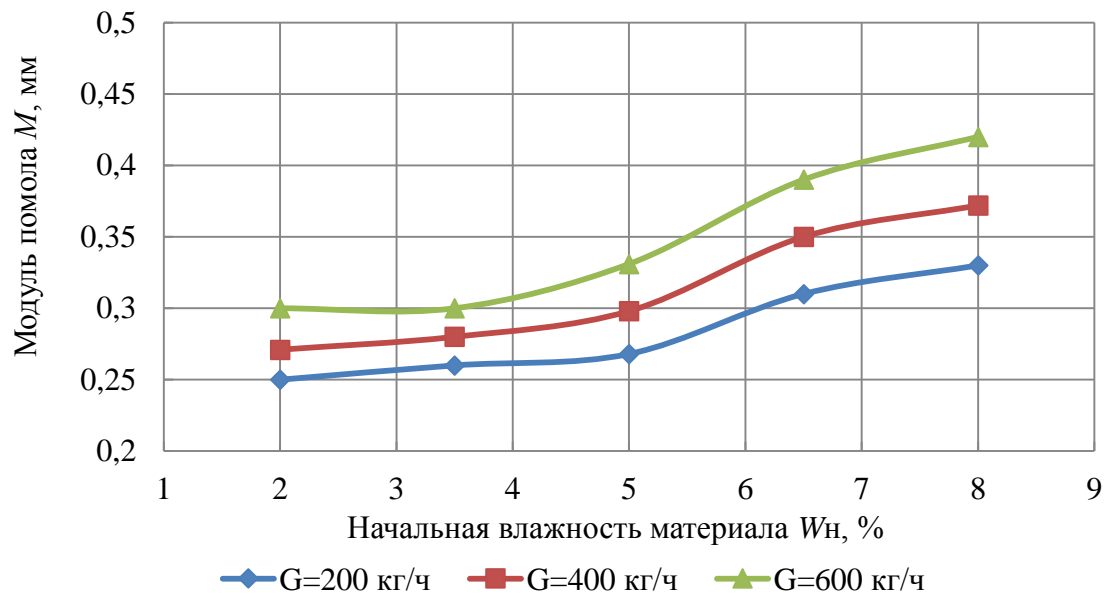


Рис. 6. Зависимость модуля помола  $M$  от начальной влажности материала  $W_n$ .

*Выводы.* Для определения наиболее важных факторов влияющих на процесс измельчения хлебных сухарей, была проанализирована информация, основанная на ранее проведенных аналитических и экспериментальных исследованиях. При проведении предварительной серии экспериментов было отмечено, что интенсивность измельчения хлебных сухарей из пшеничной муки во многом зависит от технологических и режимно-конструктивных параметров.

После обобщения результатов предварительной серии экспериментов факторами варьирования были выбраны: начальная влажность хлебных сухарей ( $W_n$ , %), производительность установки по исходному продукту ( $G$ , кг/с) и окружная скорость молотков рабочего органа измельчителя ( $V$ , м/с), а в качестве выходной функции принят показатель модуля помола  $M$ .

В дальнейшем, для определения оптимальных режимно-конструктивных параметров работы мельницы (дробилки ударного действия), планируется провести полноценную серию экспериментов согласно матрице планирования.

**Список використаних джерел**

1. Харкевич В. Г., Шуляк В. А. Разработка и исследование оборудования для измельчения высушенных хлебобулочных изделий в производстве панировочных сухарей. *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. 2008. № 2. С. 101-106.
2. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко и др. Минск: Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.
3. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. Москва: Наука, 1974. 640 с.
4. ГОСТ 28402-89. Сухари панировочные. Общие технические условия. [Дата введения 1991-01-01]. Москва: Стандартинформ, 2010. 6 с.
5. Шуляк В. А. Сушка и механотермическая обработка дисперсных материалов и сред. Минск: Издательский центр БГУ, 2003. 240 с.
6. Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. Москва: Машиностроение, 1990. 320 с.
7. Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 216 с.
8. Муленков В. П., Олейник Б. Д., Соколкин Ю. В. Определение гранулометрического состава и закона распределения размеров частиц помолотого сильвинита. URL: <http://voztrogdenie-group.ru/Stat1> (дата звернення: 02.02.2021).
9. ГОСТ 27560-87. Мука и отруби. Метод определения крупности (с Изменениями N 1, 2, 3). [Дата введения 1989-01-01]. Москва: Стандартинформ, 2007. 4 с.
10. Шагдыров И. Б. Обоснование технологического процесса измельчения фуражного зерна в трехступенчатом измельчителе: монография. Улан-Удэ: БГСХА, 2006. 111 с.
11. Шагдыров И. Б. Технология и параметры многоступенчатых измельчителей фуражного зерна с внутренней сепарацией: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01. Новосибирск, 2013. 316 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І РЕЖИМНО-  
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МОДУЛЬ ПОМОЛУ  
ПАНІРУВАЛЬНИХ СУХАРІВ**

Харкевич В. Г., Євдокімов А. В.

**Анотація**

Робота присвячена дослідженню питання вироблення панірувальних сухарів з хлібних сухарів. У виробництві панірувальні сухарі отримують з широким розкидом частинок по діаметру. Абсолютні розміри даних частинок обумовлені технологічним регламентом і ГОСТом вимагають отримання

панірувальних сухарів зі строго заданими фракційним складом. Крупність частинок подрібненого матеріалу використовується як для оцінки якості продуктів подрібнення, так і для енергетичної оцінки процесу.

Метою даної роботи було вивчення впливу технологічних (початкова вологість подрібнювального матеріалу) і режимно-конструктивних (величина подачі матеріалу, що подрібнюється в камеру подрібнення і окружна швидкість ударних елементів дробарки) параметрів на модуль помелу панірувальних сухарів.

Як матеріал при проведенні експериментальних досліджень використовували свіжоспечені хлібні сухарі з пшеничного борошна вищого гатунку. Значення вологості хлібних сухарів приймалися в діапазоні від 2% до 8%. Значення окружної швидкості ударних елементів млина регулювалися в діапазоні від 47 м / с до 78,5 м / с. Значення продуктивності млина регулювалися в діапазоні від 0,056 кг / с до 0,17 кг / с.

На підставі проведених експериментів були побудовані залежності модуля помелу від окружної швидкості ударних елементів млина, величини подачі матеріалу, що подрібнюється в камеру подрібнення і початкової вологості матеріалу, що подрібнюється (хлібного сухаря).

Було відзначено, що при проведенні попередньої серії експериментів інтенсивність подрібнення хлібних сухарів із пшеничного борошна багато в чому залежить від технологічних і режимно-конструктивних параметрів.

Аналіз експериментальних даних дозволив встановити, що при збільшенні вологості матеріалу, що подрібнюється хлібного сухаря в готовому продукті збільшується частка великих фракцій, а модуль помелу незалежно від величини подачі хлібних сухарів зростає, в той час як зі збільшенням окружної швидкості ударних елементів млина - зменшується. Також було встановлено, що при збільшенні продуктивності дробарки ударної дії спостерігається зростання частки великих фракцій у складі готового продукту. Виявлено, що модуль помелу приймає екстремум при значенні окружної швидкості ударних елементів порядку 72-73 м / с незалежно від вологості панірувальних сухарів і величини подачі хлібних сухарів в дробильну камеру.

**Ключові слова:** панірувальні сухарі, фракційний склад, хлібний сухар, млин, ситової аналіз, модуль помелу, подрібнення.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И РЕЖИМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МОДУЛЬ ПОМОЛА ПАНИРОВОЧНЫХ СУХАРЕЙ

Харкевич В. Г., Евдокимов А. В.

### *Аннотация*

Работа посвящена исследованию вопроса выработки панировочных сухарей из хлебных сухарей. Целью работы явилось исследование влияния технологических и режимно-конструктивных параметров на модуль помола панировочных сухарей.

В качестве материала использовали свежеспеченные хлебные сухари из пшеничной муки высшего сорта, значения влажности которых принимались в диапазоне от 2% до 8%, значения окружной скорости ударных элементов – в диапазоне от 47 м/с до 78,5 м/с, а значения производительности – в диапазоне от 0,056 кг/с до 0,17 кг/с.

Построены зависимости модуля помола от окружной скорости ударных элементов мельницы, величины подачи измельчаемого материала в камеру измельчения и начальной влажности измельчаемого материала.

Отмечено, что интенсивность измельчения хлебных сухарей во многом зависит от технологических и режимно-конструктивных параметров.

**Ключевые слова:** панировочные сухари, фракционный состав, хлебный сухарь, мельница, ситовой анализ, модуль помола, измельчение.

## **RESEARCH OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL AND MODE-CONSTRUCTION PARAMETERS ON THE MODULE OF GRINDING OF BREADCRUMBS**

V. Kharkevich, A. Evdokimov

### *Summary*

The work is devoted to the study of the development of breadcrumbs from dried bread. In production, bread crumbs are obtained with a wide dispersion of particles in diameter. The absolute sizes of these particles are due to the technological regulations and GOST, which require the production of bread crumbs with a strictly specified fractional composition. The particle size of the crushed material is used both for evaluating the quality of crushed products and for the energy evaluation of the process.

The purpose of this work was to study the influence of technological (initial moisture content of the crushed material) and regime-constructive (the amount of feed of the crushed material into the grinding chamber and the peripheral speed of the impact elements of the crusher) parameters on the grinding module of bread crumbs.

Freshly baked dried bread made of premium wheat flour were used as a material for experimental studies. Moisture values of dried bread were taken in the range from 2% to 8%. The values of the peripheral speed of the impact elements of the mill were regulated in the range from 47 m/s to 78.5 m/s. The mill productivity values were adjusted in the range from 0.056 kg/s to 0.17 kg/s.

Based on the experiments carried out, the dependences of the grinding modulus on the circumferential speed of the impact elements of the mill, the value of the feed of the crushed material into the grinding chamber and the initial moisture content of the crushed material (dried bread).

It was noted that when conducting a preliminary series of experiments, the intensity of grinding dried bread from wheat flour largely depends on the technological and operating-design parameters.

An analysis of the experimental data made it possible to establish that with an increase in the moisture content of the crushed dried bread in the finished product, the proportion of coarse fractions increases, and the modulus of grinding, regardless of the amount of dried bread feeding, increases, while with an increase in the peripheral speed of the impact elements of the mill, it decreases. It was also found that with an increase in the productivity of the impact crusher, an increase in the proportion of coarse fractions in the finished product is observed. It was revealed that the grinding modulus takes an extremum at the value of the circumferential velocity of the impact elements of the order of 72-73 m/s, regardless of the moisture content of the bread crumbs and the amount of dried bread supplied to the crushing chamber.

**Key words:** bread crumbs, fractional composition, dried bread, mill, sieve analysis, grinding module, grinding.

## ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ СПОЖИВЧОЇ ТАРИ НА ПІНОУТВОРЕННЯ ПРИ РОЗЛИВІ ХАРЧОВИХ РІДИН

Кузьмінська І. М., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0053-1501

Подільський державний аграрно-технічний університет

Тел. (03849) 6-83-97

*Постановка проблеми.* Рідка продукція дуже різноманітна за своїми фізичними та хімічними властивостями (в'язкість, здатність до спінування тощо), а тому під час дозування та фасування її у споживчу тару повинні виконуватись відповідні умови, що гарантували б збереження специфічних властивостей тієї чи іншої продукції. Тому пристрої для дозування і фасування рідкої продукції різноманітні, як за технологічними процесами, так і за конструктивними рішеннями.

На сьогодні рідку продукцію фасують у різні типи і види споживчої тари, виготовленої зі скла, полімерних матеріалів, металу, комбінованих матеріалів. Це сприяло створенню відповідної конструктивної гами фасувальних пристроїв.

В процесі пакування рідкої харчової продукції у споживчу тару формування дози здійснюється об'ємним способом. Ваговий спосіб дозування застосовують головним чином під час пакування рідин у транспортну тару і спеціальні контейнери. Об'ємний спосіб дозування в залежності від умов формування дози можна поділити на той, що формується безпосередньо в тарі і той, що формується в тарованих вимірниках або визначається лічильниками. До першого виду відноситься дозування за рівнем у споживчій тарі або формування дози геометричними розмірами упаковки, що виготовляється в процесі фасування – метод витискання (пакування в тетраедри). В першому і другому випадках здебільшого точність дозування залежить від стабільності внутрішніх розмірів упаковки. Дозування за рівнем застосовується тільки для жорсткої і напівжорсткої споживчої тари, виготовленої у вигляді пляшок і банок із скла, металу, ПЕТФ, ПЕН тощо [1, 2].

Для досягнення високої технологічної ефективності процесу розливу, необхідно встановити режим процесу розливу з урахуванням властивостей харчової рідини. Основними технологічними показниками процесу розливу, що впливають на продуктивність та точність дозування, є час наповнення одиниці тари, швидкість витікання харчової рідини з дозуючого пристрою [7, 8, 9, 10].

*Аналіз останніх досліджень.* Конструкція і принцип дії

фасувальних пристроїв також в значній мірі залежать від умов переміщення рідини в споживчу тару. В залежності від властивостей продукції і вимог, що пред'являються до самого процесу фасування, умови його проведення можуть бути барометричними, вакуумними і надбарометричними.

Під час барометричного фасування переміщення продукції із фасувального пристрою або витратного резервуару здійснюється тільки в полі дії гравітаційних сил за нормального тиску. Тобто тиск у витратному резервуарі і в споживчій тарі рівний атмосферному. Такий спосіб фасування ще називають ізобарометричним. За таких умов фасують напої, що не мають легколетких компонентів (вино, молоко, рослинну олію, соки тощо). Формування дози продукції під час барометричного фасування може здійснюватись як за об'ємом, так і за рівнем. Вакуумне фасування передбачає застосування двох схем: перша – розрідження створюється тільки в тарі, при цьому переміщення продукції під дією різниці тисків у витратному резервуарі (атмосферний) і в тарі (розрідження); друга – розрідження створюється і в тарі і у витратному резервуарі, при цьому переміщення проходить у полі дії гравітаційних сил (самопливом). Другу схему фасування називають ізовакуумним способом. Формування дози під час вакуумного фасування також може здійснюватись як за об'ємом, так і за рівнем. Але через конструктивну складність пристроїв для дозування за об'ємом найбільш поширеними є конструкції пристроїв для дозування за рівнем. Вакуумний спосіб дозування має суттєві переваги в порівнянні з барометричним. Він дає змогу зменшити контакт продукції з повітрям, що особливо важливо для збереження смакових якостей молока, соків, вітамінізованих рідин, різноманітних сортів вин та інших продуктів, виключає втрати рідини через нещільності у фасувальному пристрої та деякі дефекти горловини тари, а також запобігає піноутворенню, забезпечуючи високу точність дозування.

Надбарометричне фасування характеризується переміщенням рідини з фасувального пристрою або витратного резервуару в полі дії гравітаційних сил, але при надлишковому тиску як у фасувальному пристрої або у витратному резервуарі, так і в споживчій тарі. Таким способом фасують рідини, що насичені діоксидом вуглецю (шампанське, ігристі вина, пиво, квас, мінеральна газувана вода та інші безалкогольні напої). Цей вид фасування найбільш складний як з точки зору технологічного процесу, так і конструктивного виконання пристроїв фасування, а тому формування дози здійснюється головним чином за рівнем.

Якість і ефективність роботи дозувально-фасувального пристрою багато в чому також залежить від схеми наповнення споживчої тари продукцією і гідравлічної характеристики його

зливного тракту. За гідравлічною схемою наповнення споживчої тари можливі два варіанти виконання: наповнення з короткої або з довгої трубки. В деяких конструктивних виконаннях пристроїв як така коротка трубка відсутня, і рідина переміщується по каналу, створеному внутрішніми елементами пристрою. Але відсутність довгої трубки дає змогу об'єднати процес наповнення споживчої тари з короткої трубки чи без трубки в такі найбільш характерні гідравлічні схеми: плівка рідини переміщується рівномірно у вигляді шатра: струмина направлена симетрично, одностороння або пряма струмина, струмина рівномірна у вигляді парасольки.

*Постановка завдання.* Метою статті є вивчення впливу геометрії споживчої тари на піноутворення під час технологічної операції – розливі харчових рідин, як негативного явища та боротьби з ним.

*Основна частина.* Під час виконання багатьох технологічних процесів (перемішування, фільтрування, перекачування, дозування та розлив) в середовищах, що містять білки, жири, крохмаль та інші речовини, утворюються стійкі піни, які заважають проведенню процесів.

Піни можна отримати механічним, біохімічним та хімічним шляхом. Здатність продуктів утворювати піну пов'язують із властивостями складових компонентів (білків, вуглеводів), які утворюють межу розділу фаз за рахунок того, що молекули речовин значно відрізняються від молекул розчинника. Різні продукти по різному виявляють такі властивості. Піноутворювальна здатність поверхнево-активних речовин залежить від деяких факторів: концентрації піноутворювача в розчинні; наявності речовини, які сприяють або пригнічують піноутворення [3, 4, 5, 6].

У харчовій технології піноутворення спостерігається під час оброблення молока, заморожування риби у розсолі тощо. Воно шкідливе, бо не дає можливості повністю використовувати об'єм посудин, ускладнює експлуатацію обладнання та дотримання санітарних умов. Для боротьби з піноутворенням використовують піногасники – речовини, що витісняють з поверхневого шару піноутворювач і знижують міцність плівки, внаслідок чого вона руйнується.

Для попередження піноутворення в середовище вводять антиспінуючі агенти, які витісняють піноутворювачі з межі між газовою та рідкою фазою і тим запобігають утворенню стійкої піни. Піногасники використовують для руйнації піни, яка вже утворилася.

Властивостями негативно впливати на процес піноутворення володіють багато речовин. Серед них *жирні кислоти* (E570), *спирти та їхні ефіри* (Твіни E432–E436 і Спени E492–496), *моно- та дигліцериди* (E471), *полісілоксани* (E900), *вазелін* (E905b) і *парафін*

(E905c) та інші. Застосовуються вони в біотехнологіях, цукровому, крохмалепатоковому, молочному, м'ясному, жировому, кондитерському виробництвах, при консервуванні плодів і овочів, виготовленні сухих сніданків, супів, соусів, розчинного кофе, при розливі в споживчу тару соків, напоїв тощо.

Дослідити процес наповнення споживчої тари рідиною та визначити оптимальні конструктивні параметри зливного каналу можливо з застосуванням програмних комплексів ANSYS, Solidworks.

Дослідження роботи цієї моделі виконувались із застосуванням систему Flow Simulation, яка є підпрограмою системи Solidworks.

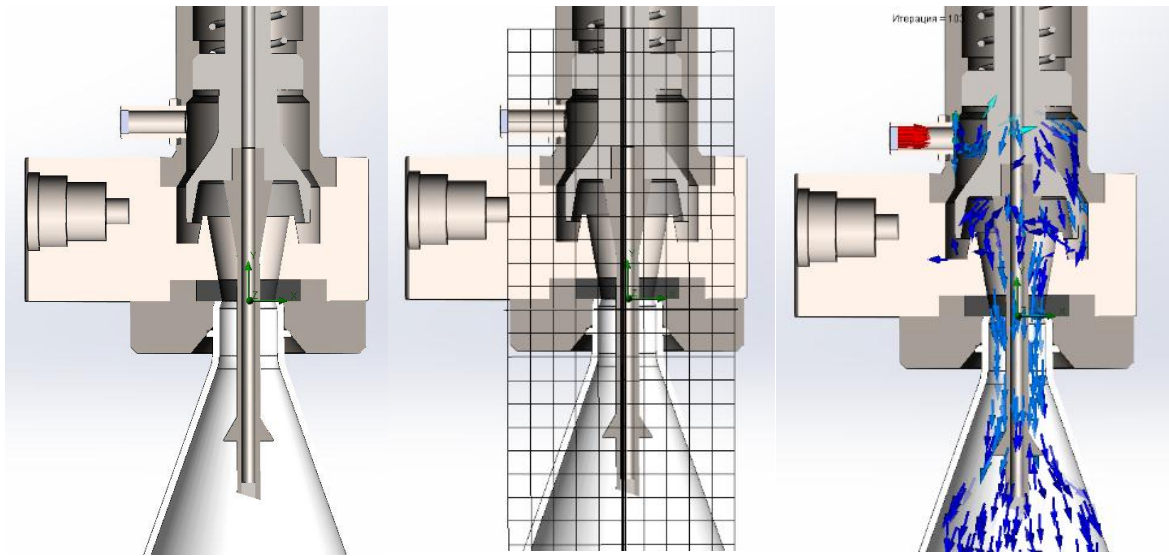


Рис. 1. Основні кроки з розроблення інформаційної моделі дозуючого пристрою у системі Solidworks.

При проектуванні дозатора за рівнем важливу роль відіграє співвідношення каналів у розливному патроні. При заповненні тари рідина проходить по каналу між стінкою дозувального патрона та повітряною трубкою (рис. 2). Так як величина внутрішнього діаметра шийки банки  $D$  задана, то виникає задача визначення співвідношення площ перерізів каналів подачі рідини та каналу відведення повітря із тари. Одним із підходів до вирішення цієї задачі є створення однакових умов протікання потоків рідини та повітря в каналах дозувального патрона.

При зливанні рідини у банку утворюється піна, кількість якої залежить від гідравлічних характеристик дозатора, форми та розмірів тари, властивостей рідини. Піноутворення приводить до відхилення від дози, втрати рідини, яка розливається, та необхідності додаткового часу для заспокоєння піни. Зменшення турбулізації рідини у каналі дозатора та зменшення піноутворення залежить від конструктивних параметрів дозатора.

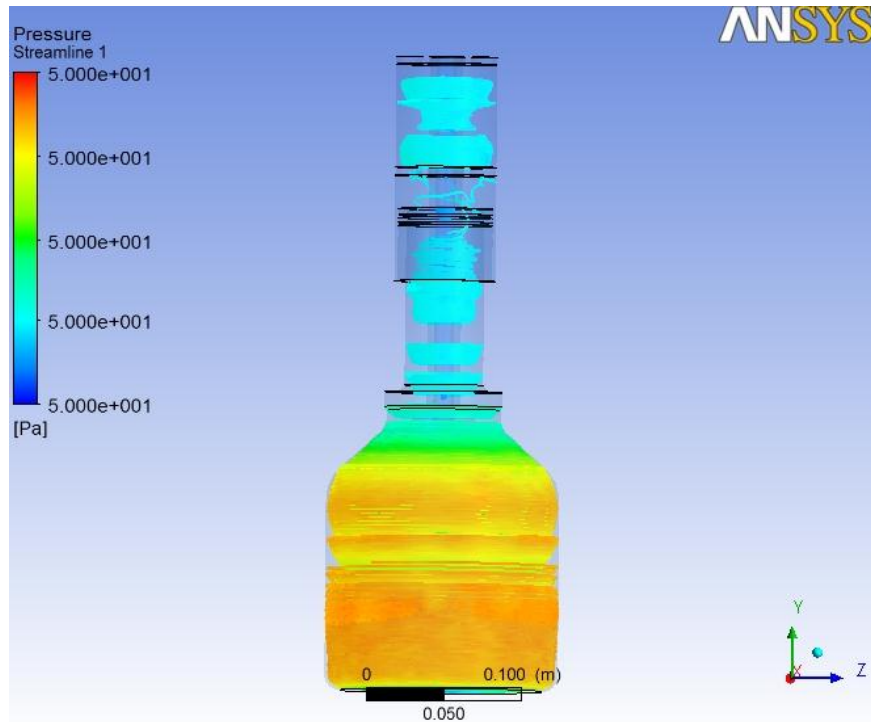


Рис. 2. Дозуючий пристрій для розливу рідини до зазначеного рівня в програмному комплексі ANSYS.

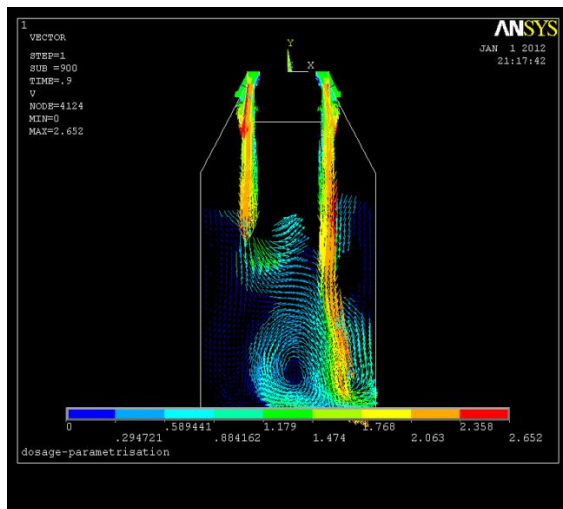


Рис. 3. Векторний розподіл швидкостей при падінні рідини на дно банки.

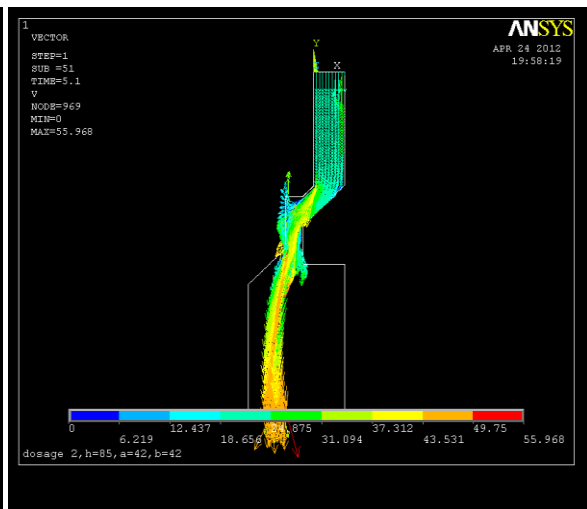


Рис. 4. Векторний розподіл швидкостей при розливі рідини шатром.

При дозуванні в споживчу тару (для прикладу, пляшку) доцільно застосовувати механічний спосіб боротьби з піноутворенням. Щоб запобігти активному утворенню піни, і як наслідок вихлюпування продукту з тари, варто дотримуватися рекомендацій щодо дозування продуктів, схильних до піноутворення. В першу чергу це стосується обладнання, на якому проводиться фасування таких продуктів. Воно повинно мати ряд особливостей:

1. Наявність механізму плавного підйому патрубка, який подає продукцію.

Дане конструктивне рішення необхідно розробити для реалізації завдань заповнення тари продуктами, які схильні до утворення піни під час розливу. Цей механізм забезпечує швидке опускання клапана в нижнє положення і його плавний підйом по мірі заповнення ємності. При цьому клапан може бути занурений в рідину або перебувати на невеликій відстані від її поверхні. На рис. 5 наведено приклад розташування патрубка, який подає продукцію відносно поверхні рідини.



Рис. 5. Механізм плавного підйому патрубка, який подає продукцію та одночасно відводить піну.

Даний механізм дозволяє значно зменшити або повністю запобігти можливості утворення піни. Ще однією перевагою механізму опускання є запобігання розбризкуванню продукту. Це можливо, оскільки клапан знаходиться безпосередньо в тарі і піднімається у верхнє положення над пляшкою або каністрою по завершенню процесу дозування.

2. Наявність системи відводу піни.

При використанні технології дозування за рівнем конструктивної особливостю клапана подачі продукту є наявність патрубку переливу, за яким надлишок рідини повертається в ємність. Даний патрубок служить не тільки для повернення рідини, але також для видалення піни. Продуктивність обладнання при цьому не знижується. Даний метод підходить для рідких продуктів (схожих з водою за фізичними властивостями).

3. Можливість регулювання швидкості подачі рідини на різних етапах заповнення.

Процес заповнення тари умовно можна розділити на три етапи:

- початок заповнення (20%);
- заповнення основної частини обсягу (60-70%);
- долив (20-10%).

На кожному етапі дозування необхідно підтримувати певну швидкість заповнення. На початковій стадії швидкість повинна бути незначною, щоб уникнути утворення піни. Заповнення основного обсягу повинно проводитися з максимально допустимою швидкістю для даного продукту, в даному випадку потік рідини турбулентний. На етапі доливання швидкість знову повинна знижуватися до мінімального значення, що дозволяє запобігти можливості виплюскування продукту з тари, потік рідини ламінарний. Це особливо важливо в разі звуження пляшки у верхній частині.

*Висновок.* Утворення піни при розливі харчових рідин веде до зменшення коефіцієнта заповнення тари та збільшує втрати продукту, що в свою чергу знижує продуктивність фасувального обладнання. Проаналізувавши відомі способи та методи утворення піни, що в нашому випадку є негативним явищем, доцільно застосовувати при гравітаційному методі розливу механічні способи боротьби, оскільки введення ПАР до харчових рідин, таких як, соки, суттєво вплине на їх смакові властивості.

#### **Список використаних джерел**

1. Драгилев А. И. Технологические машины и аппараты пищевых производств. Москва: Колос, 1999. 376 с.
2. Зайчик Ц. Р., Трунов В. А. Упаковывание тихих напитков в бутылки. Москва: ДеЛи, 2000. 206 с.
3. Змеєва І. М., Ялпачик В. Ф. Зниження піноутворення при розливі харчових рідин. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 1. С. 108-114.
4. Змеєва І. М., Бондаренко О. В. Моделювання процесу заповнення банки при гравітаційному методі розливу до зазначеного рівня. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 1. С. 236–245.
5. Кюрчев С. В., Змеєва І. М. Моделювання гідродинамічної поведінки струменя при паданні його на дно банки. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2013. Вип. 30. С. 281-288.
6. Кюрчев С. В., Змеєва І. М. Гидродинамическое поведение пищевой жидкости. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2013. Вип. 31. С. 212-220.
7. Поперечний А. М., Черевко О. І. Процеси та апарти харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
8. Кругляков П. М., Ексерова Д. Р. Пена и пенные пленки. Москва: Химия, 1990. 432 с.
9. Остроумов Л. А., Просеков А. Ю. Классификация пен в пищевой промышленности. *Хранение и переработка с-х сырья*. 2001. № 1. С. 53–54.

10. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. Москва: Химия, 1975. 266 с.

## **ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ СПОЖИВЧОЇ ТАРИ НА ПІНОУТВОРЕННЯ ПРИ РОЗЛИВІ ХАРЧОВИХ РІДИН**

Кузьмінська І. М.

### *Анотація*

Робота присвячена теоретичним дослідженням методів піноутворення під час технологічної операції – розливі харчових рідин, як негативного явища та боротьби з ним. Інтенсивне піноутворення в технологічному процесі має негативні наслідки, які виражаються в зниженні використання корисного об'єму технологічного обладнання, в збільшенні втрат продукту та зниження продуктивності обладнання.

В харчовій промисловості утворення піни при наповненні тари харчовою рідиною, має негативні наслідки. Оскільки харчова промисловість працює з продуктами харчування, то доцільним до застосування є механічний метод, який одним з традиційних та широко розповсюджених прийомів розділення та розрушення піни, яка відбувається за рахунок утворення в піні перепаду гідростатичного тиску або впливаючи на піну робочих тіл у вигляді твердих поверхонь, рідин, газів, пари при їх відносному русі та взаємному змішуванні.

**Ключові слова:** піна, піноутворення, продуктивність, розлив харчових рідин, поверхнево-активна речовина.

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ТАРЫ НА ПЕНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ РАЗЛИВЕ ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

Кузьминская И. Н.

### *Аннотация*

Работа посвящена теоретическим исследованиям методов пенообразования при технологической операции - разливе пищевых жидкостей, как отрицательного явления и борьбы с ним. Интенсивное пенообразование в технологическом процессе имеет отрицательные последствия, которые выражаются в снижении использования полезного объема технологического оборудования, в увеличении потерь продукта и снижении производительности оборудования.

В пищевой промышленности образование пены при наполнении тары пищевой жидкостью, имеет отрицательные последствия. Поскольку пищевая промышленность работает с продуктами питания, то целесообразным к применению является механический метод, который один из традиционных и широко распространенных приемов разделения и разрушения пены, происходит за счет образования в пене перепада гидростатического давления или влияния на пену рабочих тел в виде твердых поверхностей, жидкостей, газов, паров при их относительном движении и взаимном смешивании.

**Ключевые слова:** пена, пенообразование, производительность, розлив пищевых жидкостей, поверхностно-активное вещество.

## INFLUENCE OF GEOMETRY OF CONSUMER CONTAINERS ON FOAMING AT FILLING OF FOOD LIQUIDS

I. Kuzminskaya

### *Summary*

The work is devoted to theoretical studies of the methods of foaming during a technological operation - spilling food liquids as a negative phenomenon and combating it. Intensive foaming in the process has negative consequences, which are expressed in a decrease in the use of the useful volume of technological equipment, in an increase in product losses and a decrease in equipment productivity.

Foaming is the process of creating a dispersed system consisting of liquid and gas bubbles distributed in it. The phenomenon of foaming often occurs in various technological processes associated with multiphase (dispersed) systems. Sometimes foaming is useful, in other cases it is necessary to take special measures to combat it.

A number of technological processes, especially in the chemical, textile and food industries, are accompanied by undesirable foaming. To destroy the foam (defoaming) or to prevent them, anti-foam substances, or defoamers, are used in the world. Effective antifoam agents are surfactants that displace foaming agents from the surface of the liquid, but are not capable of stabilizing the foam themselves. These include various alcohols, esters, alkyl amines, sometimes foams are destroyed by exposure to high temperatures, mechanical stress, or simply "settling".

In the food industry, the formation of foam when filling containers with food liquid has negative consequences. Since the food industry works with food products, the mechanical method is expedient for use, which is one of the traditional and widespread methods for the separation and destruction of foam, occurs due to the formation of a drop in hydrostatic pressure in the foam or affecting the foam of working bodies in the form of solid surfaces, liquids, gases, vapors during their relative motion and mutual mixing.

**Key words:** foam, foaming, productivity, spill of food liquids, surfactant.

## РОЗРОБКА МІНІ-ЛІНІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-7085-3100

Самохвал В. А., інженер

ORCID: 0000-0001-5539-3647

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Брикетування є необхідною операцією в різних видах промисловості, внаслідок якої зменшуються витрати на зберігання і транспортування сировини. При використанні опалювальних пристроїв на рослинних відходах існує проблема – низька теплотворна здатність і складність зберігання палива. Частина такого палива просипається до зольного відсіку і потрапляє у відхід, інша перебиває потік повітря з колосникових ґрат і тому погано горить. Тому широко розповсюджене виробництво брикетів у переробній галузі промисловості для переробки різноманітних видів сипких і волокнистих матеріалів для виробництва паливних брикетів для побутових і промислових потреб. Брикетне паливо має багато переваг, головні серед яких: високий рівень теплопередачі, економічність і екологічність [1].

Основною проблемою при виготовленні паливних брикетів з рослинної сировини є високі енерговитрати на роботу пресового обладнання, яка сягає 50-60 і більше кВт·год/т. Іншою проблемою є нестача на ринку України універсальних міні-ліній для переробки рослинної сировини на високоякісні паливні брикети при наявності численних сільськогосподарських та фермерських підприємств, які мають значну кількість сировини для переробки [2, 3].

*Аналіз останніх досліджень.* Промислове брикетування відходів застосовується досить давно, причому дотепер розроблено значну кількість технологій пресування. Сировиною для брикетування часто обирають одну з найбільш продуктивних фракцій відходів масловмістких рослин, яка відрізняється невисокою щільністю і низькою питомою калорійністю. Вартість такої сировини – невисока, тому на її основі виготовляють паливні брикети з високим співвідношенням ціна/якість.

Основною машиною лінії виробництва паливних брикетів, яка головним чином визначає питомі енерговитрати виробництва та якість брикета, є прес. Нині, в залежності від параметрів сировини та кінцевої продукції, виділяють гідравлічні, ударно-механічні та

екструдерні преси для брикетування [4, 5].

Прес гідравлічного типу призначений для брикетування сировини вологістю від 6 до 15%. Формування брикетів на пресі по типу RUF відбувається за допомогою гідравлічних циліндрів, які подають сировину, потім стискають, ущільнюють та формують її в цеглинки розміром від 150x60 до 260x100 мм. Довжина брикету довільна [5, 6].

Брикети, виготовлені на даному виді обладнання, мають невелику щільність (до 1 кг/дм<sup>3</sup>), не підлягають тривалому зберіганню без герметичної упаковки та мають низьку температуру горіння, а також часто псуються при зберіганні та транспортуванні. Іншими словами, вони мають гірші споживчі властивості, і відповідно, найчастіше й низьку ціну. Преси мають велику собівартість та малий ресурс, використовуються тільки для сировини, яка не містить олії.

Прес ударно-механічного типу призначений для виготовлення паливних брикетів із тирси, соломи, лушпиння та іншої подрібненої сировини придатної для використання в якості палива [6, 7].

Такі преса мають більший ресурс та більшу щільність готової продукції, більший час горіння, їх легше транспортувати та зберігати, а отже, і більшу товарну ціну, при нижчій собівартості. Процес експлуатації цих пресів, порівняно з іншими видами, набагато простіший. Пуск та зупинка преса відбувається автоматично залежно від наявності сировини в бункері. Прес може працювати довгий час без ремонтів. Коефіцієнт використання обладнання – понад 90%.

Екструдерний прес призначений для пресування дрібних відходів переробки деревини та відходів сільськогосподарської галузі у паливні брикети [8, 9]. Формування брикетів відбувається під високою температурою за рахунок переміщення сировини шнеком та пресування під великим тиском. Брикети, виготовлені на такому екструдері, мають гарну щільність, добре зберігаються та довго горять. Недоліки пресів даного типу полягають в тому, що олія з олійної сировини залишається в брикеті і при згоранні забруднює димоходи та навколишнє середовище. Типовий вигляд продукції, яку отримують за допомогою описаних вище пресів показаний на рис. 1.

Таким чином, основними недоліками пресів для виробництва брикетів є: підвищені енерговитрати унаслідок необхідності попереднього підігрівання маси, що пресується; відсутність можливості збору масла при отриманні брикетів з олійної сировини; необхідність високого ступеню стиснення для отримання брикетів високої щільності, що підвищує енерговитрати установки; низький вихід олії або смол з сировини, що збільшує кількість шкідливих речовин у брикеті.



а) гідралічного; б) ударно-механічного; в) екструдерного типу.  
Рис. 1. Види брикетів, вироблених із застосуванням пресів різних типів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є розробка енергоефективної та універсальної міні-лінії для виготовлення паливних брикетів, яка зможе працювати на різних видах сировини.

*Основна частина.* Основні вимоги до енергоефективної міні-лінії для виробництва паливних брикетів:

- підвищення якості брикетів (збільшення їх щільності, міцності, тривалості горіння та зменшення токсичності);
- збільшення ресурсу шнекового прес-екструдера;
- підвищення експлуатаційних властивостей (скорочення часу обслуговування);
- зменшення енерговитрат шляхом створення умов для холодного пресування сировини;
- виділення якісної технічної олії.

У відповідності до означених вимог були проведені дослідження та аналіз основних видів обладнання для виготовлення паливних брикетів і розроблено лінію для виготовлення паливних брикетів з можливістю корегування температури брикету, та здатністю роботи з маслянистою сировиною (рис. 2).

Основна мета при розробці лінії – отримати високоякісний продукт з можливістю відділення олійної сировини та низькими питомими енерговитратами.

Представлена лінія здатна переробляти такі види рослинної сировини, як: відходи переробки деревини, відходи соняшнику, сої, льону, рапсу. Передбачена можливість одночасного віджиму технічної олії та корегування температури брикету при пресуванні, що значно розширює спектр сировини, що може використовуватись для переробки.

Процес пресування відходів рослинництва відбувається наступним чином: різні фракції сировини подаються в конічний бункер 1, який встановлено на віяльці 2 барабанного типу. Остання, як показали випробування, має гарні показники як по провіюванню, так і

по витривалості та енергозатратам, що забезпечує надходження до дозатору 3 частинок сировини розміром до 15мм і унеможлиблює потрапляння каменів, металу та інших не бажаних речовин [10]. Дозатор в свою чергу направляє рівномірним дозованим потоком сировину до завантажувального бункеру 4, та забезпечує постійне перемішування сировини для забезпечення однорідності. З дозатора сировина потрапляє у шнековий прес, де захоплюється пресуючим шнеком. Крутний момент до пресуючого шнека передається з приводу через вал приводу від двигуна 8.



1 – бункер віялки; 2 – віялка; 3 – дозатор; 4 – бункер пресу; 5 – бак охолодження; 6 – щитова; 7 – зварна рама; 8 – електродвигун; 9 – насос.

Рис. 2. Міні-лінія для виробництва паливних брикетів з рослинної сировини.

При обертанні пресуючого шнека сировина просувається в зазорі між витками шнека і пресуючої камери без провертання, що забезпечується ребрами. Тиск регулюється зміною зазору між торцевою поверхнею пресуючого шнека і вхідною частиною дожимної камери, для чого остання виконана з можливістю осьового зсуву (наприклад за допомогою різьбового з'єднання) та фіксується від переміщення в процесі роботи преса фіксатором. Через зазор між торцевою поверхнею пресуючого шнека і вхідною частиною дожимної камери сировина додатково стискається, проходячи між

витками дожимного шнека і дожимної камери без провертання, що забезпечується ребрами. При цьому щільність сировини значно зростає, тиск і температура збільшуються. Цьому сприяє конічна форма внутрішньої частини дожимного шнека. Для охолодження сировини використовується охолоджувальний пристрій який запитується за допомогою насосу 9 з баку 5, що знижує температуру в зоні дожимання й формування брикету для запобігання пароутворення в середині брикету, що призводить до додаткового підвищення щільності готового виробу. Тиск на виході з дожимної камери регулюється матрицею, яка може бути виконана з конічною внутрішньою поверхнею, при її осьовому переміщенні рукояткою за допомогою різьбового з'єднання. В процесі проходження матриці сировина набуває форму циліндричного брикета (без центрального отвору). Цей брикет проходить через пристрій остаточного формування, який представляє собою секції труб. При цьому зростає ступінь ущільнення брикетів, а рідка фракція сировини (наприклад – технічна олія, якщо в якості сировини використовується олієвісна сировина) виходить через зазори між секціями труб. Секції труб (а отже і брикети) охолоджуються за допомогою системи охолодження секцій труб. В місцях стиків секцій труб, завдяки фаскам утворюються кільцеві канавки зі зниженим тиском, які сприяють додатковому видаленню олії з брикету. Ступінь ущільнення брикету залежить від кількості секцій труб та їх довжини. При довжині секцій до 200-250 мм скорочується час їх очищення. Крім того, секції труб невеликої довжини дають змогу більш точно регулювати необхідний тиск в камері остаточного формування, і, як наслідок, необхідну щільність брикету.

Випробування лінії показали можливість виготовлення брикетів з відходів провіювання соняшнику, коріандру, льону і сої та відходів деревини щільністю 1300–1500 кг/м<sup>3</sup>. Температура брикету на виході з прес-екструдера не перевищує 80 °С. Частота обертання шнеків 70–85 об/хв. Потужність в сталому режимі становить 6,5–7,0 кВт при продуктивності до 5 т/добу. Питомі енерговитрати становлять до 40 кВт/т.

#### *Висновки.*

1. В результаті аналізу обладнання для виготовлення паливних брикетів встановлено, що основними недоліками існуючих промислових ліній є підвищені енерговитрати внаслідок необхідності попереднього підігріву маси, що пресується й низький вихід олії або смол з сировини, що збільшує кількість шкідливих речовин у брикеті.

2. Розроблено міні-лінію для виробництва паливних брикетів, яка дозволяє зменшити енерговитрати до 6,5–7,0 кВт при продуктивності до 5 т/добу шляхом створення умов для холодного пресування сировини з виділенням якісної технічної олії.

### Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071. – 166 с.
2. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Промислова теплотехніка. 2017, т. 39, No 2. С. 60-64.
3. Удовиченко Г. А., Хоменко Л. В., Алейнікова Т. Л., Дерієнко В. В., Ткаченко С. К. Досвід виробництва альтернативних екологічно чистих видів палива на полтавщині. Вісник Полтавської державної аграрної академії, № 3, 2010. С. 159–163.
4. Єременко О. І., Войналович О. В., Лись О. М. Аналіз небезпек і шкідливостей на виробництві паливних брикетів з біомаси / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції – Житомир, 2020. – С. 217-2019.
5. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Госовський Р. Р., Мотіль І. М. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. Науковий вісник НЛТУ України, 2013. С. 138–146.
6. Єременко О. І., Зубок Т. О., Василенков В. Є. Аналіз процесу ущільнення біомаси шнековим робочим органом / Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції "Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку", присвячена 90-й річниці з дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України (7-8 листопада 2019 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2019. 205 с.
7. Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 190 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2018. С. 192-202.
8. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом, *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, 2020. 3(17), С. 15-22.
9. Лук'янець В. О., Субота С. В. Вплив параметрів ущільнення рослинної біомаси на показники якості біопаливних брикетів. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». 2014. Вип.99, т.2. С.103-113.
10. Єременко О. І., Лук'янець В. О. Дослідження та вдосконалення живильного пристрою перспективного брикетного преса. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного

університету. 2014. Вип.4, т.2. С.146-156. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

## **РОЗРОБКА МІНІ-ЛІНІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ**

Самойчук К. О., Самохвал В. А.

### *Анотація*

Для вирішення проблем нестачі на ринку України універсальних та енергонеєфективних міні-ліній для переробки рослинної сировини на високоякісні паливні брикети проаналізовані основні конструкції пресового обладнання. Визначені основні недоліки існуючих промислових ліній. Розроблено міні-лінію для виробництва паливних брикетів, яка суміщає операції очищення, провіювання, пресування сировини і виділення якісної технічної олії. Використання лінії дозволяє зменшити енерговитрати до 6,5–7,0 кВт при продуктивності до 5 т/добу шляхом створення умов для холодного пресування сировини з виділенням якісної технічної олії.

**Ключові слова:** брикетування, холодний віджим, шнековий прес, прес-еструдер, паливні брикети.

## **РАЗРАБОТКА МИНИ-ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ**

Самойчук К. О., Самохвал В. А.

### *Аннотация*

Для решения проблем нехватки на рынке Украины универсальных и энергоэффективных мини-линий для переработки растительного сырья на высококачественные топливные брикеты проанализированы основные конструкции пресового оборудования. Определены основные недостатки существующих производственных линий. Разработана мини-линия для производства топливных брикетов, которая совмещает операции очистки, провеивания, прессования сырья и выделение качественного технического масла. Использование линии позволяет уменьшить энергозатраты до 6,5-7,0 кВт при производительности до 5 т/сутки путем создания условий для холодного прессования сырья с выделением качественного технического масла.

**Ключевые слова:** брикетирование, холодный отжим, шнековый прес, прес-еструдер, топливные брикеты.

## **DEVELOPMENT OF MINI-LINE FOR MANUFACTURE OF FUEL BRIQUETTES**

K. Samoichuk, V. Samokhval

### *Summary*

Briquetting is a necessary operation in various industries, which reduces the cost of storage and transportation of raw materials. The main problems in the production of fuel briquettes from vegetable raw materials are high energy consumption for the operation of press equipment and the lack of universal mini-lines in the Ukrainian market for processing vegetable raw materials into high-quality fuel briquettes.

To solve these problems, the basic designs of press equipment are analyzed. It is established that the main disadvantages of the existing industrial lines are the increased energy consumption due to the need to preheat the pressed mass and the low yield of oil or resins from the raw material, which increases the amount of harmful substances in the briquette. The main requirements for an energy-efficient mini-line for the production of fuel briquettes are defined.

The main goal in the development of the line is to obtain a high-quality product with the ability to separate oil raw materials and low specific energy consumption.

A mini-line for the production of fuel briquettes has been developed, which combines the operations of cleaning, screening, pressing of raw materials and the allocation of quality technical oil. The presented line is capable of processing such types of vegetable raw materials as: wood processing waste, waste of sunflower, soybean, flax, rape. It is possible to simultaneously squeeze the technical oil and adjust the temperature of the briquette during pressing, which significantly expands the range of raw materials that can be used for processing.

Tests of the line showed the possibility of making briquettes from waste scraping sunflower, coriander, flax and soybeans and wood waste with a density of 1300-1500 kg/m<sup>3</sup>. The temperature of the briquette at the outlet of the press extruder does not exceed 80 °C. Screw speed 70–85 rpm. Steady-state power is 6.5–7.0 kW with a capacity of up to 5 t/day. Specific energy consumption is up to 40 kW / t.

**Key words:** briquetting; cold pressing, screw press, press extruder, fuel briquettes.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ ОВОЧЕВИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА З ПЛОСКОЮ МАТРИЦЕЮ

Червоткіна О. О., інженер,\*

ORCID: 0000-0002-8559-6717

Стручаєв М. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-8891-4960

Тарасенко В. Г., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0275-0281

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Використання вторинних сировинних ресурсів сокового виробництва (вичавків, пюре–відходів), які не втратили своєї харчової цінності є актуальним і перспективним напрямком в розвитку переробної та харчової промисловості.

Як відомо, останнім часом, для реалізації вказаної проблеми широко застосовують процес гранулювання [1], який складається з ряду послідовних етапів: стиснення, витримки під тиском, зняття тиску, релаксації напружень, витримки без тиску, випресовування і пружного розширення гранули після її вивільнення з камери. Ефективність процесу залежить від ступеню досконалості виконання кожного з названих етапів, однак основне значення має перший етап – операцію стиснення порції сировини до потрібної щільності.

*Аналіз останніх досліджень.* На процес стиснення суттєво впливають пружні, в'язкі і фрикційні властивості матеріалу, який піддається гранулюванню. Таким чином ефективність процесу гранулювання переважно залежить від фізико–механічних властивостей матеріалу, що пресується. Це, насамперед, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнти в'язкості і тертя [2]. Багато дослідників відмічають такі властивості, як порозність, співвідношення компонентів у суміші (тверда речовина, рідина і газова фаза), точка адсорбції води на поверхні часток, критична щільність тощо [3, 4, 5].

Серед названих фізико–механічних властивостей особливе місце займає коефіцієнт тертя від значення якого залежать не тільки умови і зусилля пресування, а також і спроможність готового гранульованого продукту взаємодіяти з елементами технологічного обладнання, зокрема транспортуючих та фасувальних машин і механізмів [6].

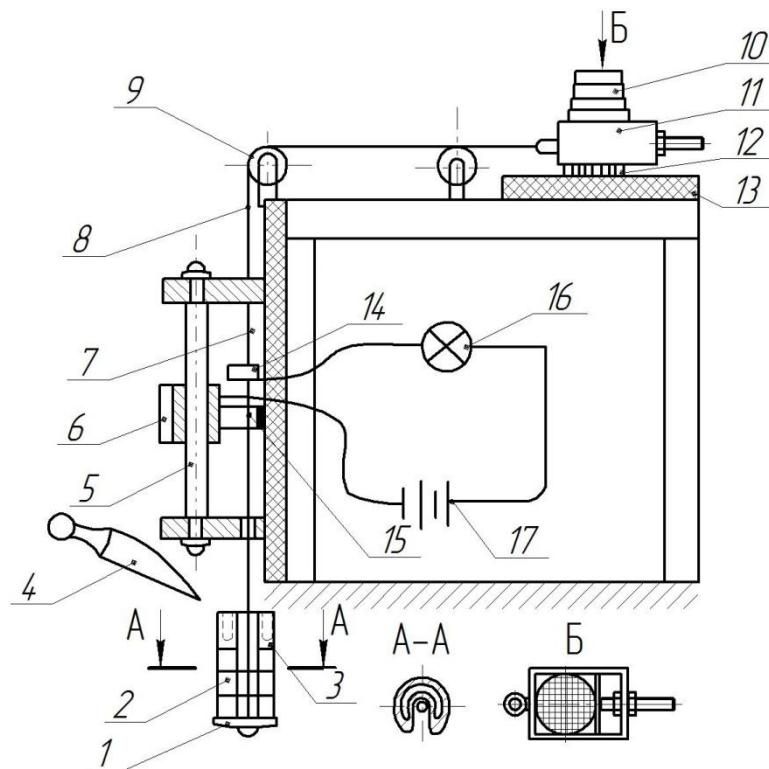
*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою представлених досліджень є експериментальне та аналітичне

визначення коефіцієнта тертя спокою та тертя руху гранул з відходів (жому), одержаного в результаті виготовлення морквяного соку.

*Основна частина.* Для дослідження коефіцієнтів тертя спокою (при  $v = 0$ ) на кафедрі обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф. Ю. Ялпачика ТДАТУ був розроблений і виготовлений трибометр (рис. 1) з електричною сигналізацією початку зсуву дослідного зразка, а для досліджень коефіцієнта руху (при  $v > 0$ ) модернізовано відому конструкцію приладу І. В Крагельського [7] (рис. 2).

На лабораторній установці (рис. 1) можна визначати коефіцієнт тертя спокою ( $f_c$ ) як цілих плодів, так і зразків (фрагментів). Для кріплення зразків крихких матеріалів та матеріалів з підвищеною пластичністю 12 передбачалися спеціальні оправки 11.

Для імітування різних матеріалів поверхонь тертя трибометр комплектували знімними пластинами 13 з металу, дерева, гуми.



1 – підвіска; 2 – гирі; 3 – короб; 4 – совок; 5 – напрямна; 6 – повзун; 7 – рама; 8 – нитка; 9 – блок; 10 – важки; 11 – оправка; 12 – зразок; 13 – пластина; 14, 15 – контакти; 16 – лампа; 17 – батарея.

Рис. 1. Схема дослідного трибометра.

Об'єкт досліджень навантажувався до потрібного нормального зусилля  $F_N$  важками (гирями) 10. Потім об'єкт зсувався силою  $F_T$ , яка утворювалась гирями 2 і масою піску, що плавно висипався із совка 4 у короб 3. Гирі з коробом встановлювалася на підвіску 1, яка була

з'єднана ниткою 8, перекинутаю через блоки 9, з оправкою 11. Як тільки зусилля  $F_T$  перевищувало максимальне значення сили тертя починався рух оправки або плоду, що досліджувався.

При цьому рухомий контакт 14 закріплений на нитці, опускаючись, торкався контакту 15, встановленого на повзун 6. Електричний ланцюг з лампою 16 і батареєю 17 замикався.

Положення повзуна з контактом 15 на напрямній 5 фіксувалося силами тертя, яка утворювалася діями сил пружності пластинчастої пружини. Перед початком досліду зазор між контактами становив 2...3 мм.

Зусилля  $F_T$  визначалося як сума сил ваги гирь, підвіски і короба з піском. Зважування здійснювалося на вагах ВЕЛ–200.

Коефіцієнт тертя визначався за залежністю:

$$f = F_T / F_N . \quad (1)$$

Плавне збільшення зусилля на дослідний зразок завдяки повільному поданню піску до короба і точному визначенню початку руху об'єкта за допомогою світлового сигналу забезпечили високу точність визначення зусилля  $F_T$ , про що говорить незначне розсіювання значень результатів повторних дослідів.

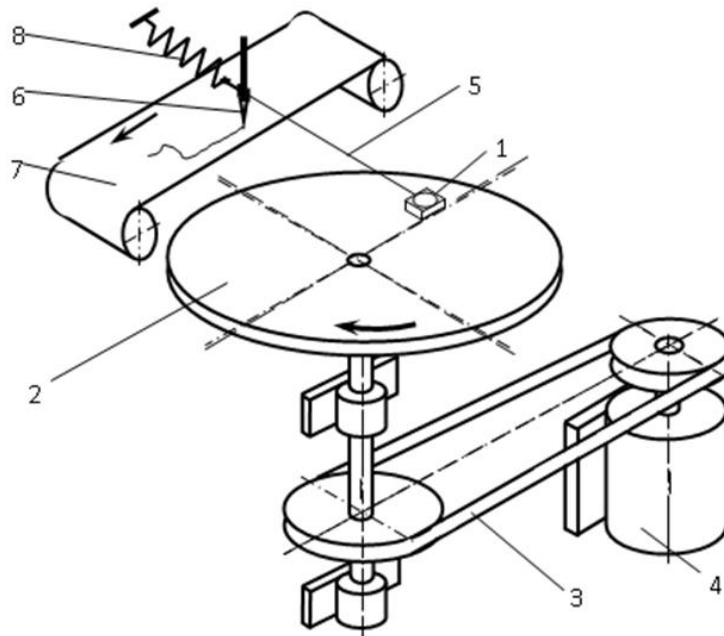
Для підвищення стабільності показань і спрощення керування приладом І. В. Крагельського, на якому проводилося визначення коефіцієнта тертя руху, клиноремінний варіатор приладу був замінений відповідною клиноремінною передачею з постійним передаточним числом.

Плавне регулювання частоти обертання диска здійснюється за рахунок застосування електродвигуна постійного струму, підключеного за реостатною схемою через випрямляч до звичайної однофазної електричної мережі. Регулювання частоти обертання диска у широких межах (від 200 до 1800 об/хв.) досягається шляхом змінення напруги в обмотці якоря двигуна.

Схема приладу показана на рис. 2. Об'єкт випробування (гранула, закріплена в спеціальній оправці) 1 укладається на поверхню диска 2, який обертається навколо вертикальної площини через клинопасову передачу 3 від електродвигуна постійного струму 4. Об'єкт за допомогою нитки 5 з'єднаний з пером самописця 6, яке переміщається по стрічці 7 на відстань, обумовлену деформацією тарованої вимірjuвальної пружини 8. Як і у попередній серії дослідів навантаження зразка проводилося за допомогою гирь, які встановлювались на зразок, закріплений в оправці.

Диск приладу має пристрої для швидкої заміни і кріплення його покриття, що імітує різні види поверхонь тертя, зокрема дерево, метал (сталь) і гума.

Запис зусилля тертя проводиться на стрічку з міліметрового паперу шириною 50 мм. Привод самописця теж має безступінчасте регулювання переміщення стрічки. Це дає можливість узгодження швидкостей диска і паперу, а також одержання достовірної інформації про динаміку змінення зусилля тертя.



1 – об'єкт випробувань; 2 – диск; 3 – клинопасова передача; 4 – електродвигун постійного струму; 5 – нитка; 6 – перо самописця; 7 – вимірювальна пружина; 8 – стрічка самописця; 9 – привод самописця.

Рис. 2. Прилад для дослідження коефіцієнта тертя руху.

Досліди по визначенню коефіцієнта тертя проводились з п'ятикратною повторністю, розсіювання результатів складало не більш 4...8%.

На рис. 3 наведені графіки побудовані за результатами визначення коефіцієнта тертя спокою.

Змінення коефіцієнтів тертя спокою зумовлені характером проведення дослідів і можна пояснити впливом різної шорсткості поверхонь пластин трибометра та податливістю поверхні контакту, зміненнями адгезійних сил – сил молекулярного зчеплення. Вплив останніх визначається залежністю  $f_c$  від величини нормального тиску.

Збільшення нормальної сили тиску супроводжується тенденцією зниження коефіцієнту тертя (рис. 3), що можна пояснити аналізом двочленного закону тертя Кулона [8].

$$F_T = F_A + F_N \cdot \mu = F_N \left( \frac{F_A}{F_N} + \mu \right) = F_N \cdot f. \quad (2)$$

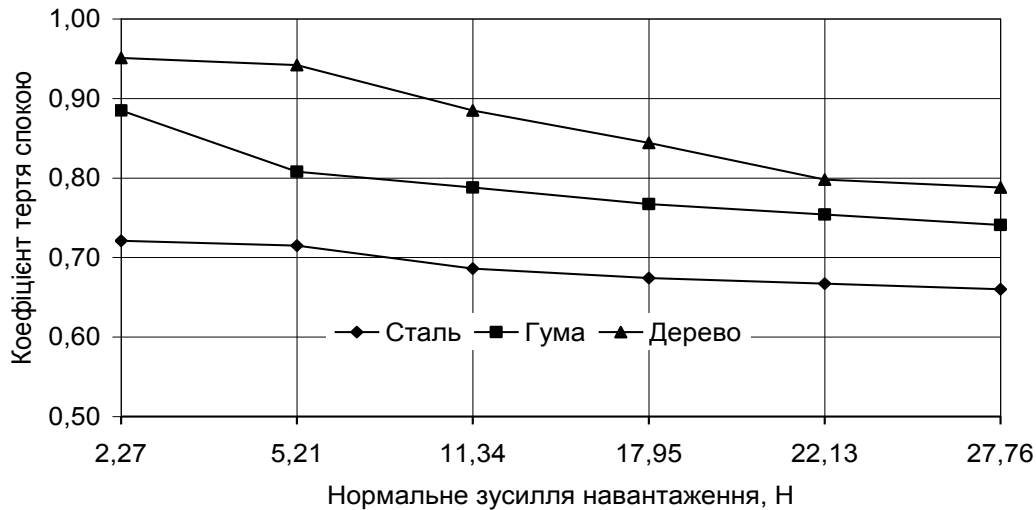


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя спокою від нормального зусилля на зразок.

Збільшення нормальної сили приводить до зниження питомого зусилля  $F_A/F_N$  (тут  $F_A$  – сумарна сила молекулярного зчеплення;  $\mu$  – коефіцієнт тертя за законом Кулона;  $f$  – коефіцієнт тертя за законом Амонтона).

Коефіцієнт тертя руху  $f_p$  визначався за формулою Амонтона при тих же значеннях нормальної сили, що й для визначення коефіцієнту тертя спокою. Досліди проводились для широкого діапазону колових швидкостей від 2,5 м/с до 22,5 м/с. Результати дослідів показані на діаграмах рис. 4.

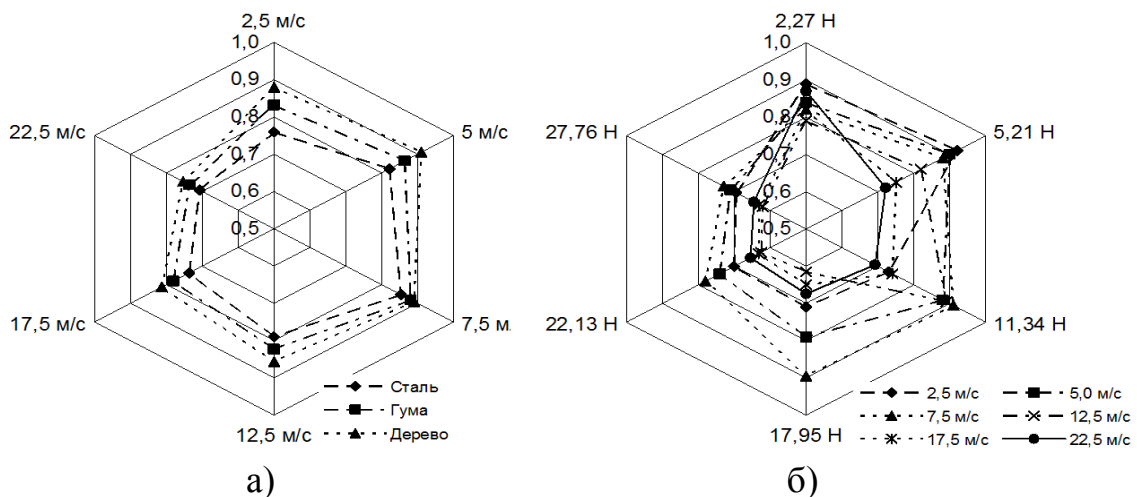


Рис. 4. Залежності коефіцієнту тертя руху від: а) швидкості руху і б) нормального зусилля навантаження.

Як видно з графіків, мінімальні значення коефіцієнта одержані при терті по сталі максимальні – по дереву. Як і значення коефіцієнту тертя спокою зі збільшенням нормального зусилля тиску коефіцієнт

руху зменшується. З аналізу графіка б) видно, що зі збільшенням швидкості руху коефіцієнт також дещо зменшується. Змінення коефіцієнта руху  $f_p$  від змінень нормального тиску  $F_N$  та швидкості ковзання не набули стабільного характеру.

Коефіцієнт граничного тертя найчастіше виражений такою емпіричною залежністю від швидкості відносно руху поверхонь, що труться [9]:

$$f_v = f_o + f_1 v + f_2 v^2 + f_3 v^3, \quad (3)$$

де  $f_o$  – коефіцієнт тертя при  $v = 0$ ;  $f_1, f_2, f_3$  – експериментальні коефіцієнти, які можуть як позитивними, так і від'ємними.

Склавши для даних трьох швидкостей  $v_1, v_2, v_3$  систему з трьох рівнянь (3) і, розв'язавши їх, знайдемо що:

$$f_1 = \frac{(f_{v1} - f_o)(v_2^2 v_3^3 - v_3^2 v_2^3) + (f_{v2} - f_o)(v_3^2 v_1^3 - v_1^2 v_3^3) + (f_{v3} - f_o)(v_1^2 v_2^3 - v_2^2 v_1^3)}{v_1(v_2^2 v_3^3 - v_3^2 v_2^3) + v_2(v_3^2 v_1^3 - v_1^2 v_3^3) + v_3(v_1^2 v_2^3 - v_2^2 v_1^3)}, \quad (4)$$

$$f_2 = \frac{(f_{v2} - f_o)(v_1^2 v_3^3 - v_3^3 v_1) + (f_{v1} - f_o)(v_2^3 v_3 - v_2 v_3^3) + (f_{v3} - f_o)(v_1^3 v_2 - v_1 v_2^3)}{v_1(v_2^2 v_3^3 - v_3^2 v_2^3) + v_2(v_3^2 v_1^3 - v_1^2 v_3^3) + v_3(v_1^2 v_2^3 - v_2^2 v_1^3)}, \quad (5)$$

$$f_3 = \frac{(f_{v3} - f_o)(v_1 v_2^2 - v_2 v_1^2) + (f_{v2} - f_o)(v_1^2 v_3 - v_1 v_3^2) + (f_{v1} - f_o)(v_2 v_3^2 - v_3 v_2^2)}{v_1(v_2^2 v_3^3 - v_3^2 v_2^3) + v_2(v_3^2 v_1^3 - v_1^2 v_3^3) + v_3(v_1^2 v_2^3 - v_2^2 v_1^3)}. \quad (6)$$

Числові значення  $f_1, f_2, f_3$ , обчислені за залежностями (4), (5), (6) і експериментальними значеннями  $f_{vi}$  при швидкостях ковзання  $v_1, v_2, v_3$  і різних нормальних навантаженнях наведені у таблиці 1.

Також наведені значення  $f_{vi}$  при швидкостях  $v_4$  і  $v_5$ , обчисленими за залежністю (3), а також знайдені експериментальним шляхом. Розрахункові значення задовільно збігаються з експериментальними [10].

Зазначені вище змінення коефіцієнтів тертя руху можна пояснити сукупним впливом вказаних раніше факторів (шорсткість поверхонь, піддатливість зразка, його деформація, сили молекулярного зчеплення, тощо), також додаткових факторів, як-то вплив продуктів зносу, вологості та ін.

Таблиця 1 – Експериментальні і розрахункові значення коефіцієнтів тертя руху гранульованої моркви по гумі при різних швидкостях

$f_N$ , Н	Експериментальні значення				Розрахункові значення			Значення $f_{v4}$ при $v_4 = 7,5$ м/с			Значення $f_{v5}$ при $v_5 = 17,5$ м/с		
	$f_o$	Значення $f_i$ при швидкості			$f_1$	$f_2$	$f_3$	Експеримент	Розрахунок	Похибка, %	Експеримент	Розрахунок	Похибка, %
		2,5 м/с	12,5 м/с	22,5 м/с									
2,27	0,885	0,89	0,79	0,871	0,00062	0,0004	-0,00006	0,821	0,884	7,12	0,820	0,796	2,93
5,21	0,808	0,92	0,82	0,721	0,044	-0,0075	0,00019	0,880	0,798	10,3	0,750	0,774	3,20
11,34	0,788	0,73	0,89	0,692				0,910			0,741		
17,95	0,767	0,71	0,615	0,674	-0,0034	0,0003	-0,00004	0,895	0,732	18,2	0,652	0,641	1,72
22,13	0,754	0,70	0,625	0,654				0,780			0,632		
27,76	0,741	0,694	0,621	0,645	-0,0087	0,0011	0,00001	0,723	0,741	2,43	0,630	0,617	2,06

**Висновки.** Наведені вище результати досліджень коефіцієнтів тертя можна використовувати для розрахунку і проектування прес-грануляторів, транспортуючих машин та іншого технологічного обладнання.

### Список використаних джерел

1. Investigation of the effect of heat treatment on the quality of the feed additive containing carrot pomace / В. Iegorov, I. Cherneha, L. Fihurska, O. Tsiundyk. *Food science and technology*. 2019. Vol. 13, № 3. P. 77–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i3.1483>.

2. Процеси і апарати харчових виробництв. Механічні процеси і технології надвисокого тиску: підручник / В. С. Бойко та ін. Мелітополь: Люкс, 2019. 273 с.

3. Олексієнко В. О., Червоткіна О. О., Циб В. Г. Дослідження механізмів гранулювання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип. 16, т. 1. С. 269–273.

4. Николаев Б. А. Измерение структурно–механических свойств пищевых продуктов. Москва: Экономика, 1964. 224 с.

5. Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 583 с.

6. Крагельский И. В. О методике определения трения скольжения несмазанных поверхностей трения и износа в машинах. *Доклады и выступления*. Москва; Ленинград: АН СССР, 1940. Т. 11. 172 с.

7. Ялпачик В. Ф. Методика визначення фізико–механічних та теплофізичних властивостей плодів, овочів і ягід при тривалому зберіганні в замороженому виді. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 29. С. 81–90.

8. Словарь–справочник по трению, износу и смазке деталей машин / Е. П. Шведов, Д. Я. Равинский, В. Д. Зозуля, Э. Д. Браун. Киев: Наукова думка, 1979. 188 с.

9. Крагельский И. В., Виноградова И. Э. Коэффициенты трения: справочное пособие. Москва: Машгиз, 1962. 220 с.

10. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Червоткіна О. О. Коефіцієнт тертя гранульованих відходів сокового виробництва. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 1(88). С. 22–25.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ ОВОЧЕВИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРЕС–ГРАНУЛЯТОРА З ПЛОСКОЮ МАТРИЦЕЮ**

Червоткіна О. О., Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г.

### *Анотація*

В умовах модернізації і технологічного оновлення виробництва велике значення набуває відповідальність критеріям ресурсозбереження та енергоефективності вдосконалення, які широко використовуються в складних технологічних процесах. Одним з доцільних шляхів вдосконалення процесу пресового гранулювання є розробка нових і оптимізація існуючих конструкцій прес–грануляторів.

В даній статті викладені результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту тертя спокою і руху зразків гранульованих відходів виробництва соку моркви. У статті обґрунтовано напрямок вдосконалення робочого процесу прес–гранулятора з плоскою матрицею.

**Ключові слова:** прес–гранулятор, коефіцієнт тертя, овочеві відходи, матриця.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ОВОЩНЫХ ОТХОДОВ НА ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРЕ С ПЛОСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Червоткина А. А., Стручаев Н. И., Тарасенко В. Г.

### *Аннотация*

В условиях модернизации и технологического обновления производства большое значение приобретают усовершенствования, которые отвечают критериям ресурсосбережения и энергоэффективности и широко используются в сложных технологических процессах промышленности.

Одним из целесообразных путей совершенствования процесса прессового гранулирования является разработка новых и оптимизация существующих конструкций пресс-грануляторов.

В данной статье изложены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента трения покоя и движения образцов гранулированных отходов производства сока моркови. В статье обоснованы направления совершенствования рабочего процесса пресс-гранулятора с плоской матрицей.

**Ключевые слова:** пресс-гранулятор, коэффициент трения, овощные отходы, матрица.

## RESEARCH OF THE PROCESS OF GRANULATION OF VEGETABLE WASTE ON A PRESS GRANULATOR WITH A FLAT MATRIX

O. Chervotkina, N. Struchaiev, V. Tarasenko

### *Summary*

In the context of modernization and technological renewal of production, it acquires great importance, meeting the criteria of resource saving and energy efficiency, improving the complex technological processes widely used in industry. Recently, to implement this problem, the granulation process is widely used, which consists of a number of successive stages: compression, pressure holding, pressure relief, stress relaxation, non-pressure holding, extrusion and elastic expansion of the granule after its release from the chamber. The efficiency of the process depends on the degree of perfection of each of these stages, but the main importance is the first stage - the operation of compressing a portion of raw materials to the desired density. The compression process is significantly affected by the elastic, viscous and frictional properties of the material to be granulated.

The use of secondary raw materials of juice production (extracts, puree-waste), which have not lost their nutritional value is a relevant and promising area in the development of processing and food industries. One of the most expedient ways to improve the press granulation process is the development of new and optimization of existing designs of press granulation machines.

This article presents the results of experimental studies to determine the coefficient of friction at rest and the movement of samples of granular waste from the production of carrot juice. A mathematical model of the process of press granulation of plant raw materials in a closed wedge-shaped space between the matrix and each of the pressing rollers is presented. The article substantiates the directions of improving the working process of a press granulator with a flat die.

**Key words:** pellet press, coefficient of friction, vegetable waste, matrix.

*ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ*

UDC 613.262/22:614.31 DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-169-181

**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF VEGETABLES AND FRUIT  
FOR OF FUNCTIONAL PRODUCTS OF BABY NUTRITION,  
LONG-TERM STORAGE**

Mazurenko Igor, Deng, ORCID: 0000-0003-2233-7563  
*Hunan University of Humanities, Science and Technology,  
Hunan, 417000 China*

Li Yunbo, Postgraduate Student,\* ORCID: 0000-0002-6590-6044  
Shao Zhengzheng, Postgraduate Student\* ORCID: 0000-0001-9776-133X  
*School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology,  
Xinxiang 453003, China*  
Tel. (067)706-76-62

*Formulation of the problem.* The level of business cooperation between Ukraine and China is constantly moving. Sino-Ukrainian trade and economic ties are a clear example of this. The main areas of business cooperation are moving from science and technology, trade to comprehensive development in such areas as finance, energy, infrastructure, joint scientific and technical research and production. Business cooperation between the two countries has embarked on the path of healthy and dynamic development. Links in the field of research, medicine, educational process of students, graduate students and doctor students are developing dynamically. Friendly contacts in all spheres, after the establishment of diplomatic relations between China and Ukraine, gave a strong impetus to the joint development and prosperity of both countries and brought real tangible benefits to our people [1]. Cooperation between Ukraine and China in the field of science and technology is one of the priority areas of bilateral relations. Areas of research in the food industry, the creation of food for therapeutic and prophylactic purposes for children are relevant and promising.

*Analysis of recent research and publications.* American politician Hillary Diane Rodham Clinton, in his reports always notes - "There are no other people's children" [2]. Statistical authorities of Ukraine and China note a high increase in the incidence of infectious diseases of children, adolescents and adults in the kidneys and lungs. The incidence of pyelonephritis and pneumonia has become an acute problem worldwide, especially in children of all ages [3, 4]. Occurrence of kidney disease and infectious diseases of the lungs, the peculiarities of their spread are determined by natural, environmental and socio-economic factors, the

importance of the latter of which is becoming increasingly important due to lifestyle, income, living conditions, diet and a number of other factors.

According to the Center for Medical Statistics of the Ministry of Health of Ukraine, in 2018, 1816683 people aged 18 and older and 196289 children aged 0 to 17, including kidney disease, were registered. In 2019, these figures are higher by about 2% and amount to 1853017 and 199234, respectively [5]. China's special scientific and medical commission notes that the number of people with kidney disease has risen by more than 11 percent in three years. In 2015, this figure was 119.63 million people, in 2017 133.0 million. Examination of children aged 2 to 14 years revealed 2.0 million with kidney disease each year. [6].

Ukraine in 2019, 6976103 persons aged 18 and older and 5541369 children aged 0 to 17 inclusive were registered, with respiratory diseases, including pneumonia, which is approximately 3.9% more than in 2017. China is among the ten countries with the highest mortality rate from pneumonia, where 18 thousand children die each year from the infection. Statistics do not take into account the situation that occurred as a result of the epidemic of COVID-19 [5].

Therapeutic nutrition for various diseases in childhood is multifaceted. In some cases, nutrition is the only treatment. In a number of pathological conditions, especially in diseases of the liver, kidneys, cardiovascular system, respiratory system, therapeutic nutrition ensures the effectiveness of therapy and shows a positive trend in preventive treatment.

In the pathogenesis of pneumonia, the main links are hypoxia, ripoxemia and acid-base state. In the process of disease progression, all types of metabolism (carbohydrate, protein, lipid, water-mineral, energy) are disturbed, and the vitamin security of the organism changes. Enteral and parenteral nutrition should provide at least 251-335 kJ (60-80 kcal) and 2-2.5 g of protein per 1 kg of child weight per day. At restoration of a full enteral food it is necessary to adhere to an age physiological mode of feeding. According to the age of the child in the diet include juices and purees based on vegetables and fruits.

In the comprehensive treatment of kidney disease in children, proper nutrition plays a very important role. According to the pathogenesis of kidney disease, the main principle of therapeutic nutrition is to ensure maximum sparing of the kidney and its impaired functions. Excludes foods that contribute to the sensitization of the body, as well as those nutrients that are important in the development of nephritic, oedematous and hypertensive syndromes. In children with kidney disease, medical nutrition should ensure normal growth. In some cases, medical nutrition has its own significance (in the period of complete or partial clinical and laboratory remission), in others, is one of the leading factors in complex treatment. Therapeutic nutrition is differentiated according to the nature and stage of the disease. In the first days of the disease, the diet includes fruit and

vegetable juices and purees, extracts and decoctions of medicinal plants [7].

The Law of Ukraine "On Baby Nutrition" clearly defines the requirements and concepts for functional products - functional baby food is food that contains as a component drugs and / or is proposed to prevent or mitigate the disease of a child with special dietary needs, including in the case of congenital or acquired disorders of the absorption of certain nutrients, their intolerance and / or certain diseases [8].

*Presentation of the main research material.* In the process of research we have proposed technologies and assortment of products for therapeutic and prophylactic purposes for children with pyelonephritis and pneumonia. The peculiarity of the proposed products is that the recipe bookmarks use raw materials of plant origin, which are traditionally grown in Ukraine and China. Along with the raw materials, the use of extracts of medicinal plants is planned.

At the same time, the legislation [8], clarifies the use of components - raw materials intended for the production of baby food must meet the mandatory safety parameters and minimum quality specifications approved by the central executive body, which ensures the formation of state policy in the field of health care. In a previous study [9], we conducted a study of the physico-chemical composition and quality of raw materials of plant origin, which is traditionally grown in Ukraine and China and will be used in the production of the proposed products. The production of long-term storage products for children differs from the production of general-purpose products by specific requirements for technology, equipment, sanitary and anti-epidemic regime, chemical-technical and technological control and is in fact a separate industry. One of the stages of our research was to conduct a comparative characteristic of technological requirements for raw materials. At formation of the basic technological operations and parameters of processing of raw materials technological indicators are necessary. In each variety, a pooled spot sample weighing 5 kg was examined. The research was conducted in accordance with the methods and techniques provided in the current regulations of China and Ukraine [10, 11]. For comparative characteristics, three varieties of pumpkins, carrots, apples, pears grown in Ukraine and China, as well as fruits not grown in Ukraine - bananas and mangoes were selected.

Culinary prepared pumpkin puree is allowed to include in the diet of the child in the form of supplementary food from 5 months. Technological characteristics of pumpkin varieties "Zhdana", "Dolya", "Divo", which are traditionally grown in Ukraine and varieties «Miben» (蜜本南瓜), «Big grinding disc» (大磨盘南瓜), «Kangua» (砍瓜), which are traditionally grown in China, listed in table.1.

The use of pumpkin, selection of both countries for the production of puree products allows to establish uniform requirements for technology.

Table 1 – Technological characteristics of the pumpkin

Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in Ukraine		
	Zhdana	Dolya	Divo
The shape of the fruit	Rounded flat shape	Elongated cylindrical shape	Elongated shape
Fruit size, cm	Diameter in the middle from 30 to 32	Diameter in the middle from 38 to 50	Diameter in the middle from 27 to 30
Fruit weight, kg	from 4,4 to 13	from 4,0 to 6,0	from 8,0 to 9,0
Cortex	Light gray over time during storage changes color partially to red	Immature fruits - green, ripe - yellow	The cortex is thin, leathery, brown with a pink tinge and a waxy coating
Flesh Consistency	Red-orange, dense, tender, juicy, sweet	Bright orange, dense, tender, juicy, sweet	Thick up to 10 cm, crispy, juicy, sweet
Technological Indexes	Varieties grown in China		
	Miben 蜜本南瓜	Big grinding disc 大磨盘南瓜	Kangua 砍瓜
The shape of the fruit	Elongated-cylindrical shape	Rounded shape	Elongated shape
Fruit size, cm	Length from 32 to 36 Horizontal diameter from 12 to 14,5	Length from 13 to 15 Horizontal diameter from 26 to 30	Length from 110 to 120 Horizontal diameter from 12 to 15
Fruit weight, kg	from 5 to 8	from 3,5 to 5	from 6 to 9
Cortex	Orange - yellow	Red-brown	Light green
Flesh Consistency	Orange - red, tender, juicy, sweet	Orange-yellow, tender, juicy, sweet with low humidity	Orange-yellow, delicate, juicy, sweet with minimal moisture content

For research the comparative characteristics of carrots, table. 2, the varieties "Boltex", "Laguna", "Nantes" were selected which are traditionally grown in Ukraine and varieties «Jingbian Carrots (靖边胡萝卜)», «Jinghong five inch Carrots (京红五寸胡萝卜)», «Hongxin No. 6 (红芯六号)», which are grown in China.

Table 2 – Technological characteristics of carrots

Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in Ukraine		
	Boltex	Laguna	Nantes
1	2	3	4
The shape of the fruit	Conical shape with a blunt tip	Cylindrical shape with a blunt tip, the head is flat	Cylindrical shape, with a blunt rounded head
Fruit size, cm	Length from 12,0 to 15,0 Diameter from 3,5 to 5,0	Length from 17,0 to 20,0 Diameter from 3,5 to 5,0	Length from 13,0 to 15,0 Diameter from 3,5 to 5,0

Continuation of table 2

1	2	3	4
Fruit weight, g	from 100 to 150	from 80 to 130	from 100 to 160
Cortex	Smooth, without cracks	Thin and gentle	Slight scarring of the cortex, which is covered with epidermis, shallow natural cracks with a depth of about 2 mm
Flesh Consistency	Juicy, sweet, dense. Color - deep dark orange with a hint of both inside and outside	Crispy, very juicy, tasty, sweet. The colors of the skin, flesh and core is rich, orange.	Bright orange color, excellent taste, moderately sweet, tender and juicy.
Technological Indexes	Varieties grown in China		
	Jingbian Carrots (靖边胡萝卜)	«Jinghong five inch Carrots (京红五寸胡萝卜)	Hongxin No. 6 (红芯六号)
The shape of the fruit	Cylindrical with a blunt end	Cylindrical with a pointed end	Cylindrical with a blunt end
Fruit size, cm	Length from 20,0 to 24,0 Diameter from 3,5 to 5,0	Length from 18,0 to 22,0 Diameter from 3,0 to 6,0	Length from 18,0 to 22,0 Diameter from 3,0 to 4,0
Fruit weight, g	from 200 to 350	from 200 to 300	from 200 to 250
Cortex	Slight scarring of the cortex, which is covered with epidermis	Thin, natural cracks about deep from 2,5 to 3 mm	Slight scarring of the cortex, which is covered with epidermis
Flesh Consistency	Skin and flesh color orange-red, delicate, crunchy, sweet taste	Juicy, sweet, dense. Color - deep dark orange with a hint of both skin and flesh	Skin and flesh color is orange, tender, crispy, sweet taste

The proposed varieties of carrots can be used in unified flexible technologies. Carrots of the studied varieties can be cleaned by mechanical cleaning, or by using the process of steam cleaning, in which the carrots are subjected to short-term steam treatment under pressure, followed by removal of the skin in a washing and cleaning machine.

For research,, green apples were selected, according to paediatricians, green apples do not cause allergies in children. Varieties that are traditionally grown in Ukraine "Golden Resistant", "Snow Calville", "Scythian Gold" and apple varieties «Gansu Yinchuan city» (甘肃省银川市青苹果), «Shandong Qixia county» (山东省栖霞县青苹果), «Henan Sanmenxia» (河南省三门峡市青苹果), which are traditionally grown in China. The research results are given in table. 3.

Table 3 – Technological characteristics of apples

Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in Ukraine		
	Golden Resistant	Snow Calville	Scythian Gold
The shape of the fruit	Elongated-conical shape	Round-conical shape	Elongated conical shape with small ribbing
Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in Ukraine		
Fruit weight, g	from 150 to 250	from 120 to 160	from 175 to 190
Skin	Dry, dense, with a slight roughness, golden-light green of color	Light green or greenish-yellow with small inconspicuous subcutaneous spots	Green during the ripening period with a slight blush on the sunny side, later golden yellow
Flesh Consistency	Light cream, fine-grained, juicy, distinctive sour-sweet taste Density: $10,7 \pm 1.73$ kg/cm <sup>2</sup>	White, dense, tender, good sour-sweet taste Density: $9,8 \pm 1.77$ kg/cm <sup>2</sup>	Creamy, fine-grained, juicy, sweet and sour taste Density: $10,9 \pm 1.63$ kg/cm <sup>2</sup>
Technological Indexes	Varieties grown in China		
	Gansu Yinchuan city (甘肃省银川市青苹果)	Shandong Qixia county (山东省栖霞县青苹果)	Henan Sanmenxia (河南省三门峡市青苹果)
The shape of the fruit	Conical shape	Round-conical shape	Conical shape
Fruit weight, g	from 135 to 230	from 127 to 200	from 108 to 195
Skin	Dark green of color, hard	Light green of color, ribbed with specks	Green of color, hard with an oily tinge
Flesh Consistency	Whitish color with a green tinge, taste sour-sweet Flesh crispy. Density: $10,3 \pm 1.95$ kg/cm <sup>2</sup>	White with a cream tint. The taste is sweet and sour, the flesh is crispy, juicy. Density: $10,6 \pm 1.87$ kg/cm <sup>2</sup>	White with a yellow-cotton-green tint. The taste is sweet - sour. The flesh is crispy, juicy. Density: $9,8 \pm 1.73$ kg/cm <sup>2</sup>

According to the technological characteristics of apple varieties grown in China and Ukraine are similar, which makes it use to the parameters of washing and complex processing, applying the same parameters of heat treatment.

Pear is indispensable in the diet of a child due to its chemical composition. The fruit stimulates the protective forces of the child's body. The fiber contained in the fruit normalizes the intestinal microflora, potassium strengthens the heart muscle and blood vessels, restores cells. Due to its anti-inflammatory properties, pear is useful for children in the

treatment of respiratory organs. Decoctions of pears have heat-reducing antiseptic properties, reduce fever, alleviate fever, improve the general condition of the child's body during the illness.

The antibacterial action of pears gets rid of pathogenic flora, and antimicrobial properties reduce inflammatory processes in the body of the child.

When conducting research of the comparative characteristics of pear fruits, used varieties of the Ukrainian selection "Maria", "Nika", "Cathedral" and pear varieties «Snowflake Pear (雪花梨)», «Jing Bai Pear (京白梨)», «Dongguo Pear (冬果梨)», which are grown in China. The research results are given in table. 4.

Table 4 – Technological characteristics of pears

Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in Ukraine		
	Maria	Nika	Cathedral
1	2	3	4
The shape of the fruit	Oblong, pear-shaped	conical, smooth shape	asymmetric pear-shaped
The size of the fruit, the largest transverse diameter, mm	from 45,0 to 52,0	from 40,0 to 44,0	from 35,0,0 to 40,0
Fruit weight, g	from 220 to 260	from 140 to 200	from 110 to 120
Skin	The skin is smooth, golden yellow, bright red blush, there are many gray-green dots of veins	The skin is oily, with a plaque of medium thickness. The color is green with a red tinge. Ripe fruits have a shade from light yellow to brown-red	The skin is greenish-yellow with a pink tinge, the surface is smooth, slightly bumpy.
Flesh Consistency	The flesh is creamy, pleasant sweet-sour taste, very juicy	The flesh is cream-colored, the taste is sweet-sour, the graininess of the pear is clearly felt	The flesh is white, dense and fleshy. The taste is sweet - sour, pronounced pleasant aroma
Technological Indexes	Variety name		
	Varieties grown in China		
	Snowflake Pear 雪花梨	Jing Bai Pear 京白梨	Dongguo Pear 冬果梨
The shape of the fruit	Oblong, large shape	Conical-rounded shape	Conical shape
The size of the fruit, the largest transverse diameter, mm	from 85,0 to 90,0	from 50,0 to 60,0	from 85,0 to 90,0
Fruit weight, g	from 330 to 400	from 100 to 160	from 320 to 500

Continuation of table 4

1	2	3	4
Skin	The skin is smooth, thin, golden yellow, with a green tinge	The skin is smooth, yellow	The skin is smooth, dense, yellow with a golden and brown tinge
Flesh Consistency	The flesh is white, with a jade greenish tinge. crispy and tender, juicy and sweet	The flesh is milky white, the fruit is rich in juice, has a sour-sweet taste and high aroma	The flesh is white, tender, juicy, crispy

The fruits of pear varieties grown in Ukraine and China differ slightly in geometric parameters. At the same time at primary operations it is necessary to carry out carefully inspection and calibration that will allow to apply the unified modes of heat treatment.

The introduction of fruits and vegetables of exotic origin in the diet of children causes different opinions among paediatricians, firstly, the products can cause allergies, and secondly, from what age it is possible to include in the diet of exotic fruits and vegetables. All fruits and vegetables are good for the body, they strengthen the immune system, fill the deficiency of vitamins and trace elements, stimulate the gastrointestinal tract, and some have a preventive and therapeutic effect on the child's body. In prescription bookmarks of functional products we plan exotic fruits - mango and banana, which grow in China, and in Ukraine are imported.

Bananas are hypoallergenic products, but at the same time bananas contain the substance serotonin, which can cause an allergic reaction in the body of the child. In terms of taste, banana has a sweet taste, flesh and tender texture, which allows a child to chew it without a full number of teeth, with the help of gums. The chemical composition of bananas improves the construction of bone and muscle tissue, the circulatory system, brain and all nervous tissue, as well as many other vital systems of the growing body of the child. Due to the high fiber content, intestinal motility is stimulated and its work is normalized. Bananas are grown in China all year round, unlike in Ukraine. Given that they are grown for both animal feed and human consumption, the varieties were studied - «Banana Gongjiao»(贡蕉), «Banan"Pei-Chiao"»(北蕉.), «Malaysian Red Banana» (马来西亚红香蕉), which are sold in a retail network for consumers. Technological characteristics of bananas are given in table. 5.

Table 5 – Technological characteristics of bananas

Technological Indexes	Variety name		
	Banana "Gongjiao" 贡蕉,	Malaysian "Red Banana" 马来西亚红香蕉,	Banan"Pei-Chiao" 北蕉.
1	2	3	4

Continuation of table 5

1	2	3	4
The shape of the fruit	Elongated shape	Elongated shape	Elongated shape
Fruit length, cm	from 7 to 10	from 16 to 20	from 20 to 25
Fruit weight, g	from 60 to 70	from 250 to 300	from 150 to 190
Skin	After ripening, the skin becomes golden yellow	After ripening, the skin becomes pink	After ripening, the skin becomes yellow
Flesh Consistency	Orange-yellow, waxy excellent sweet taste, fragrant	Light yellow with a pink tinge, waxy excellent sweet taste, fragrant	Light yellow, waxy excellent sweet taste, fragrant. There is a smell of fruits of Osmanthus fragrant (deciduous bush of family Olive) (Osmanthus fragrans)

Mango is a very useful fruit for a child's health. In Asian countries, it is recommended to include in the diet of children from 4 to 6 months. In countries where mangoes do not grow, such as Ukraine, paediatricians recommend including a child from the age of twelve months in the diet. The fruit is tasty and useful and easily absorbed by the body, effective in the treatment of infectious diseases, as well as in the prophylactic treatment of the visual organs and strengthening the immune system.

Table 6 – Technological characteristics of mango

Technological Indexes	Variety name		
	Tainung No.1 (台农一号)	Mangifera indica Linn (金煌芒)	Mango variety Tianyangxiangmang (田阳香芒)
The shape of the fruit	The fruit is rounded - sharp, elongated, slightly flattened	The fruit is round and oblong	The fruit is oval-rounded
Fruit size, mm	length - 105; thickness, with the largest transverse diameter - 65; width - 72;	length - 199; thickness, on the largest transverse diameter - 101; width - 89;	length - 90; thickness, with the largest transverse diameter - 60; width - 50;
Fruit weight, g	from 220 to 250	from 915 to 1200	from 150 to 200
Skin	Green, when ripe acquires a light yellow color with a red tinge at the base of the fruit	Orange-yellow color, with a wax coated	Golden-yellow color, with a wax coated
Flesh Consistency	The flesh is juicy, fragrant, bright yellow	Orange-yellow color, sweet, very juicy and fragrant, smooth flesh in structure	The flesh is yellow with an orange-orange tinge, very juicy, flavor-smooth in structure.

In research of the mango fruits, table. 6, used the varieties «Tainung No.1 (台农一号)», «Mangifera indica Linn.(金煌芒)», «Mango variety Tianyangxiangmang (田阳香芒)», which are traditionally grown in China.

*The results* of the research will offer uniform requirements for the quality and safety of raw materials and finished products for functional purposes for children. The parameters of complex processing, especially heat treatment, transportation and storage of raw materials of plant origin are directly dependent on technological indicators. At the same time, the results of the research are planned to be used in the development of national standards of Ukraine for exotic raw materials of plant origin, which are used in the production of products for children food for long-term storage.

### References

1. Embassy of the People's Republic of China in Ukraine: website. URL: [https:// ua.chineseembassy.org/rus/xwdt/t891944.htm](https://ua.chineseembassy.org/rus/xwdt/t891944.htm) (Last accessed: 01.02.2021).

2. International edition Power vital, open, independent journalism, Interview Hillary Clinton: 'What is more uncivil than taking children away?' URL: <https://www.theguardian.com/us-news/2018/jun/29/hillary-clinton-on-trumps-child-detention-policy-it-keeps-me-up-at-night> (Last accessed: 30.01.2021).

3. State Statistics Service of Ukraine: website. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>. (Last accessed: 30.01.2021).

4. National Bureau of Statistics of the People Republic of China. Chinese Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, (2019), 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

5. State Institution "Center for Medical Statistics of the Ministry of Health of Ukraine": website URL: [http:// medstat.gov.ua/ukr/main.html](http://medstat.gov.ua/ukr/main.html) (Last accessed: 29.01.2021).

6. China Information Network: website URL: [http:// www.chyxx.com/industry/ 201701/489699.html](http://www.chyxx.com/industry/201701/489699.html) (Last accessed: 29.01.2021).

7. Traverse G. M., Shadrin O. G., Kozakevich V. K., Horishna O. V. Children's nutritionology. Tutorial. Scientific publication. Poltava; 2009. 175 c.

8. About baby food : Law of Ukraine from 14.09.2006 № 142-V ; as of 01.01.2021 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/142-16#Text> (date of application: 10.01.2021).

9. Mazurenko I. K., Yunbo Li, Shao Zhengzheng, Melnyk O. Y., Palvashova A. I. Raw materials of plant origin for the production of baby food, functional purposes. *Scientific works Odessa National Academy of Food Technologies*. 2020. Book 84, № 2. P. 38-48.

10. GB/T 23351-2009 新鲜水果和蔬菜词汇 国家标准 国内标准 食品标准 食品伙伴网下载中心: GB/T 23351-2009 Fresh fruits and vegetables -Vocabulary -National standard - Domestic standard - Food standard - Food partnership network download center: Valid from 2009-08-01 website. URL: <http://down.foodmate.net/standard/sort/3/20517.html> (Last accessed: 29.01.2021).

11. DSTU ISO 874-2002. Fruits and vegetables fresh. Sampling (ISO 874:1980, IDT). Valid from 2003-10-01. Kiev: Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2004. 10 p.

## TECHNOLOGICAL ASPECTS OF VEGETABLES AND FRUIT FOR OF FUNCTIONAL PRODUCTS OF BABY NUTRITION, LONG-TERM STORAGE

I. Mazurenko, Li Yunbo, Shao Zhengzheng

### *Summary*

The health of the adult generation and children is a priority in the countries of the world. Statistics Ukraine and China indicate a deterioration in the health of the population, especially children. In recent years, the natural disease rate is high; a large number of adults and children with kidney and respiratory diseases have been registered. In the complex treatment of children, proper nutrition plays a very important role. Therapeutic nutrition is built differentially in accordance with the nature, stage of the disease and the age of the child.

The main stage in the creation of products with specified functions is the selection of raw materials that do not cause allergies by native indicators and contain pharmacological elements that have a positive effect on the body during treatment. The technologies for the production of an assortment of products for therapeutic and prophylactic purposes should maximally ensure the storage of native substances of raw materials in the finished product. When developing processing parameters, it is necessary to investigate the technological parameters of raw materials.

The results of research on the technological characteristics of plant raw materials that are grown in Ukraine and China, as well as the technological characteristics of exotic fruits, which are traditional in Asian countries, will make it possible to create uniform technological requirements for raw materials used in the production of products for children. Uniform technological requirements will be taken into account in fundamental research and applied development of parameters for heat treatment of raw materials. In parallel, the research results are planned to be used in the development of national standards of Ukraine for exotic plant materials that are used in the production of products for children with long-term storage.

**Key words:** baby food, medicinal food, plant materials, pneumonia, pyelonephritis, technological characteristics.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОВОЧІВ І ФРУКТІВ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ, ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ**

Мазуренко І. К., Li Yunbo, Shao Zhengzheng

### *Анотація*

Здоров'я дорослого покоління та дітей є пріоритетним у світі. Статистичні данні України та Китаю свідчать про погіршення стану здоров'я населення особисто дітей. За останні роки натуральний коефіцієнт захворювання високий, зареєстрована велика кількість дорослих та дітей з захворюванням нирок та органів дихання. У комплексному лікуванні дітей, правильне харчування відіграє дуже важливу роль. Відповідно до патогенезу захворювання основним принципом лікувального харчування, є забезпечення максимального щадіння органу і порушених його функцій. В одних випадках лікувальне харчування має самостійне значення (в період повної або часткової клініко-лабораторної ремісії), в інших, є одним з провідних факторів в комплексному лікуванні. Лікувальне харчування створюється диференційовано відповідно до характеру, стадії захворювання та віку дитини.

Основним етапом створення продуктів з завданою функцією є підбір сировини, яка за нативними показниками є гіпоалергенною та містить фармакологічні елементи, які позитивно впливають на одужання. Технології виробництва асортименту продуктів лікувально-профілактичного призначення повинні максимально забезпечувати зберігання нативних речовин сировини у готовому продукті. При розробленні параметрів оброблення необхідно досліджувати технологічні параметри сировини.

Наведені результати досліджень технологічних характеристик сировини рослинного походження, яка вирощується в Україні та Китаї, а також технологічні характеристики екзотичних фруктів, які є традиційними в країнах Азії дозволяють запропонувати єдині технологічні вимоги щодо сировини яка використовується при виробництві продуктів для дітей. Єдині технологічні вимоги будуть враховані при фундаментальних дослідженнях та прикладних розробленнях параметрів термічного оброблення сировини. Одночасно результати досліджень планується застосувати при розробленні національних стандартів України на екзотичну сировину рослинного походження, яка використовується при виробництві продуктів для дітей тривалого зберігання.

**Ключеві слова:** дитяче функціональне харчування, сировина рослинного походження, технологічні характеристики, піелонефрит, пневмонія.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ**

Мазуренко І. К., Li Yunbo, Shao Zhengzheng

### *Аннотация*

Здоровье взрослого поколения и детей является приоритетным в странах мира. Статистические данные Украины и Китая свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья населения особенно детей. За последние годы натуральный коэффициент заболеваний высокий, зарегистрировано большое количество взрослых и детей с заболеванием почек и органов дыхания. В комплексном лечении детей, правильное питание играет очень важную роль. Согласно

патогенеза захворювань, основним принципом лікувального харчування, є забезпечення максимального економії органу і порушених його функцій. В одних випадках лікувальне харчування має самостійне значення (в період повної або часткової клініко-лабораторної ремісії), в інших, є одним з провідних факторів в комплексному лікуванні. Лікувальне харчування будується диференційовано в відповідності з характером, стадії захворювання і віком дитини.

Основним етапом створення продуктів з заданими функціями є вибір сировини, яка по натуральним показателям не викликає алергії і містить фармакологічні елементи, а також позитивно впливають на організм в процесі лікування. Технології виробництва асортименту продуктів лікувально-профілактичного призначення повинні максимально забезпечувати збереження натуральних речовин сировини в готовому продукті. При розробці параметрів обробки необхідно, дослідити технологічні параметри сировини.

Приведені результати досліджень технологічних характеристик рослинної сировини, яку вирощують в Україні і Китаї, а також технологічні характеристики екзотичних фруктів, які є традиційними в країнах Азії, дозволять створити єдині технологічні вимоги до сировини, що використовується при виробництві продуктів для дітей. Єдині технологічні вимоги будуть враховані при фундаментальних дослідженнях і прикладних розробках параметрів термічної обробки сировини. Паралельно результати досліджень планується використовувати при розробці національних стандартів України на екзотичну рослинну сировину, яку використовується при виробництві продуктів для дітей тривалого зберігання.

**Ключові слова:** дитяче функціональне харчування, рослинна сировина, технологічні характеристики, піелонефрит, пневмонія.

## РОЗРОБЛЕННЯ НОВОГО ВИДУ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Валько М. І., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2390-426X

Стоянова О. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6479-5936

Зубкова К. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-8672-0855

Бобирь С. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1443-6724

*Херсонський національний технічний університет*

Тел. (0552) 32-69-43

*Постановка проблеми.* Одним з пріоритетних напрямків в області харчування населення як в Україні, так і за кордоном, є розробка харчових продуктів функціонального призначення [1]. Постійно зростає попит на низькокалорійні продукти, впроваджуються технології виробництва цукровмісних продуктів зниженої енергетичної цінності, в розрахунку на солодкість еквівалентну сахарозі (Sweetness Equivalency of Saccharose SES) [2]. Це досягається заміною цукру в продукті на цукрозамінники натурального походження. Важливим аспектом у вирішенні даної проблеми є науково обґрунтований пошук і підбір перспективних і безпечних джерел сировини, а також сучасних інноваційних технологій, що дозволяють істотно впливати не тільки на органолептичні і фізико-хімічні показники готової продукції, підвищуючи її харчову та біологічну цінність, а й надавати їй спрямовані функціональні властивості.

Сучасні вимоги науки про збалансоване харчування, потреба відновлення та захисту здоров'я населення вимагають розширення асортименту харчових продуктів підвищеної біологічної цінності за рахунок використання нових вітчизняних натуральних цукрозамінників, до яких належить стевія. Стевія як лікарська культура має значний попит у людей, які обмежують вживання вуглеводів, або хворих на різні форми цукрового діабету. Багатий компонентний склад надає можливість використовувати її у харчуванні людей, які мають захворювання серцево-судинної системи, шлунковокишкового тракту, хвороб обміну речовин, онкологічні, ожиріння, тощо. Тому що лікувальні та смакові властивості стевії, здатні відновлювати порушені обмінні процеси в організмі, нормалізувати рівень глюкози в крові та артеріального тиску, зміцнювати кровоносні судини, гальмувати зростання новоутворень, підвищувати енергетичний рівень, затримувати процеси старіння, захищати організм від шкідливого впливу навколишнього

середовища, гармонізувати всі системи організму. Останнім часом препарати на основі стевії використовуються у виробництві багатьох харчових продуктів як підсолоджувачі, а також як джерело біологічно активних речовин. У "Перелік харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах", включено вітчизняний цукрозамінник сахарол, одержаний на основі стевії [3].

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження в області функціональних продуктів на основі рослинної сировини вивчаються вітчизняними і зарубіжними вченими: Б. В. Єгоров, Н. В. Кацерікова, Л. Ю. Матенчук, А. Н. Пономар'єв, Г. К. Подпоринова, А. А. Мерзликіна, М. В. Роїк, І. В. Кузнецов, Т. В. Адамчук [1-4], а також зарубіжними науковцями F. M. Amaral, C. J. Moore та ін. [5,7-10].

Науковці Т. В. Адамчук [2], М. В. Роїк [3] розглядають питання використання натуральних цукрозамінників для створення функціональних продуктів. Дослідження фізико-хімічних показників стевіозиду при технологічній обробці необхідно враховувати при розробці продукції. В роботі [4] досліджено зміну активної кислотності у купажованих продуктах з овочевої та фруктової сировини. Вважаємо доцільним регулювати активну кислотність введенням у рецептуру консервів фруктів з високою титрованою кислотністю. Погоджуємося, що використання способу комбінування овочевої і фруктової сировини може бути застосованим для виготовлення органічних продуктів високої якості. В роботі [5] науковці досліджують сенсорну характеристику різноманітних сполук, що впливають на солодкий смак, з подальшим порівнянням із сахарозою. В роботі [6] автори досліджували можливість створення нових продуктів на основі традиційних плодів (фейхоа) і нетрадиційних (спеції, квіти або листя). Фізико-хімічна та сенсорна оцінка нових продуктів показала високу якість гастрономічних продуктів. Однак, недоліком даного асортименту є висока ціна отриманого продукту за рахунок нетрадиційної сировини.

В дослідженні [7, 8] оцінювалось прийняття споживачами нових видів продуктів, принципи складання рецептів при дієтичному харчуванні. Науковці стверджують, що оцінка прийняття споживачами може бути корисною для заходів, спрямованих на покращення якості дієти шляхом впровадження нових рецептів. Автори [9] досліджували споживання органічних рослинних продуктів під час пандемії в у п'яти мегаполісах, які сильно постраждалих від кризи COVID-19 (Ухань, Мілан, Мадрид, Нью-Йорк та Ріо-де-Жанейро). В статті науковці звертають увагу на важливість досліджень етнобіології, етномедицини та етногастрономії у вітчизняних стратегій охорони здоров'я для покращення здоров'я громади. Ми також вважаємо, що дослідження авторів служить базою для майбутніх систематичних етноботанічних досліджень щодо

проблеми зміни моделі використання рослинних продуктів харчування та напоїв, як "традиційних", так і "нових", під час та після COVID-19 пандемія.

Аналіз останніх досліджень показав, що розроблення продуктів функціонального призначення є необхідністю для харчування населення. Застосування підсолоджувачів дає змогу розширити асортимент харчових продуктів для хворих на цукровий діабет та людей з надмірною масою тіла. Такий підхід автори використовували для створення нового виду плодовоовочевого компоту на основі винограду і солодкого перцю [11].

*Формування цілей (постановка завдання).* Метою роботи була оптимізація рецептури фруктово-овочевих компотів шляхом заміни в сиропі цукру (бурякового) на цукрозамінник (стевіозид) для профілактичного харчування. В статті пропонується новий асортимент консервів «Виноградний компот функціонального призначення». Враховуючи негативний вплив синтетичних підсолоджувачів на організм людини, авторами вирішено використати у рецептурі компоту натуральний цукрозамінник - стевіозид.

Основні завдання дослідження:

1. здійснити аналіз останніх досліджень і публікацій для вивчення сучасного стану використання цукрозамінників у харчовій промисловості;
2. розробити рецептуру компоту функціональної дії на основі цукрозамінника;
3. провести експериментальну оцінку нових видів консервів з метою визначення якості.

*Основна частина.* Перед початком досліджень необхідно вирішити завдання збалансованості органолептичних показників близьких до еталонних для досягнення мети. Для створення нового виду компоту використовували наступну сировину: солодкий перець (фарширований виноградом), гвоздику, воду і стевіозид.

Авторами розроблена рецептура «Компоту із перчинкою функціонального призначення», яка представлена в таблиці 1.

При розробці нових видів харчових продуктів враховуються оптимальне співвідношення компонентів для того, щоб дотримуватися чинним вимогам. Тому новий продукт не повинен відрізнятися за органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно з нормативними документами, виходячи з цього необхідно враховувати хімічний склад компонентів. Для того, щоб провести більш детальний аналіз фізико-хімічних показників при заміні цукру стевіозидом у компоті було використано математичне моделювання [13].

Прості лінійні функції встановлюють лінійну залежність між двома змінними. Найпростішим рівнянням, яке може характеризувати

залежність між двома змінними, є рівняння прямої виду:

$$y_i = a \cdot x + b, \quad (1)$$

де  $x$  і  $y$  – відповідно незалежна і залежна змінні;  
 $a$  і  $b$  – постійні коефіцієнти.

Таблиця 1 – Рецептатура консервів «Компот із перчинкою функціонального призначення»

Найменування сировини та матеріалів	Рецептура	
	Кг/т	Кг/тоб
Перець солодкий	350	126
Виноград	300	108
Гвоздика	17	6,12
Сироп стевіозиду	333	119,88
0,15 %	0,5	0,18
В тому числі стевія		
Всього	1000	360

Необхідно мати ряд фактичних значень змінної  $x$  і відповідних їй величин залежною змінною  $y$ . За формулою було розраховано коефіцієнти моделі фізико-хімічних показників. Після проведення моделювання ми отримали такі результати:

1. Модель вмісту масової частки стевіозиду:

$$y_1 = 1,0000 \times x + 29,5000. \quad (2)$$

2. Модель вмісту масової частки кислот:

$$y_2 = 0,0340 \times x + 0,0500. \quad (3)$$

Наступний етап роботи присвячений проведенню досліджень, які допоможуть скорегувати кількість внесення стевіозиду до рецептури компоту, що розробляється. Залежність масової частки цукру та масової частки кислот від кількості доданої стевіозиду наведена на рис. 1, 2.

Авторами розроблено технологічну схему виробництва нових видів консервів «Виноградний компот функціонального призначення», яка дозволяє отримати готовий продукт високої якості на основі розробленої рецептури. Загальні підготовчі операції передбачають стандартну схему обробки сировини.

Досліджено якість нового виду консервів після 3-х та 9 місяців зберігання за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Після проведених досліджень встановлено, що заміна цукру на

стевіозид сприяє підвищенню корисних властивостей готового продукту. Удосконалення асортименту консервів (компотів) шляхом підбору сировинних компонентів (червоного солодкого перецю та винограду) за їх хімічним складом, забезпечує відповідне рН (не менше 4,2), що в свою чергу дозволяє консервування без внесення кислоти та забезпечує максимальне збереження біологічної цінності готового продукту та заміни цукру на стевіозид.

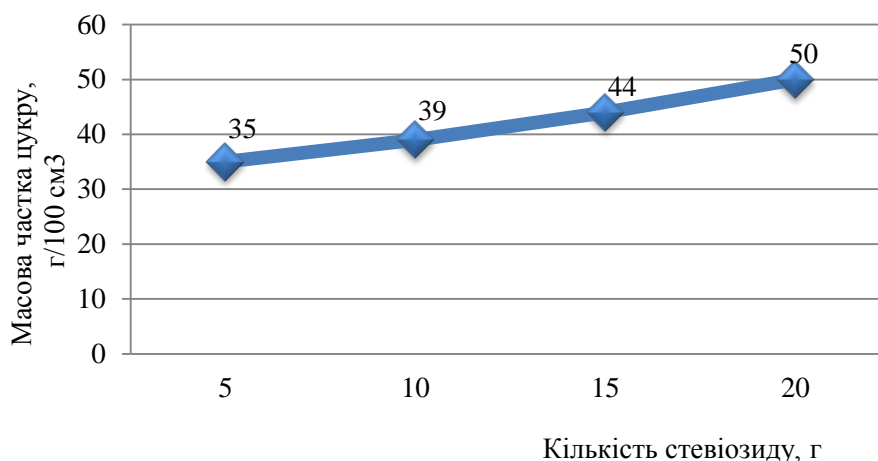


Рис. 1. Залежність масової частки стевіозиду у розробленій рецептурі від вмісту цукру, що додається за традиційною рецептурою.

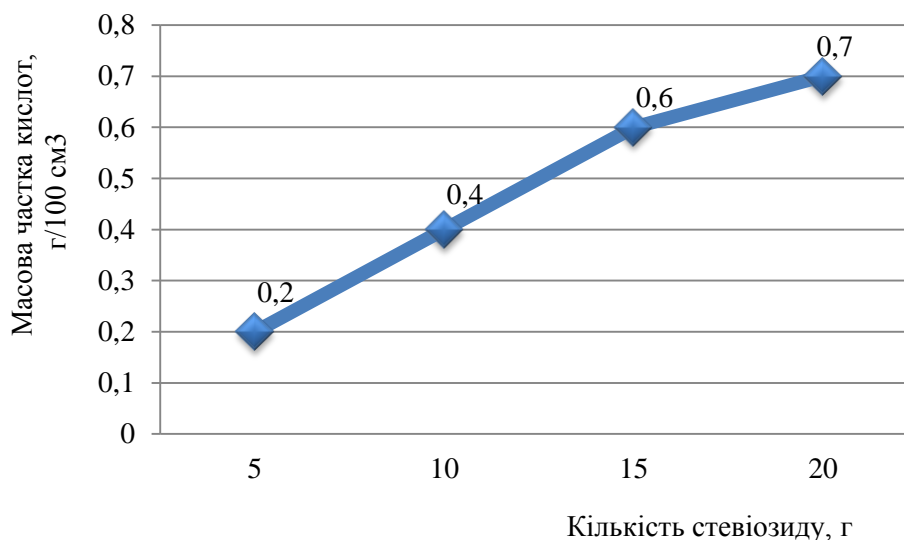


Рис. 2. Залежність кислотності в компоті від кількості стевіозиду, що додається.

Для аналізу органолептичних показників (згідно за методикою ДСТУ 8449:2015) консервів «Виноградний компот функціонального призначення» розроблено 5-бальну шкалу оцінки. Під час дегустації оцінювалися наступні показники: зовнішній вигляд, колір, запах, консистенція і смак. За отриманими результатами дослідження якості нового виду компотів створено діаграму органолептичної оцінки, яка показана на рис. 3.

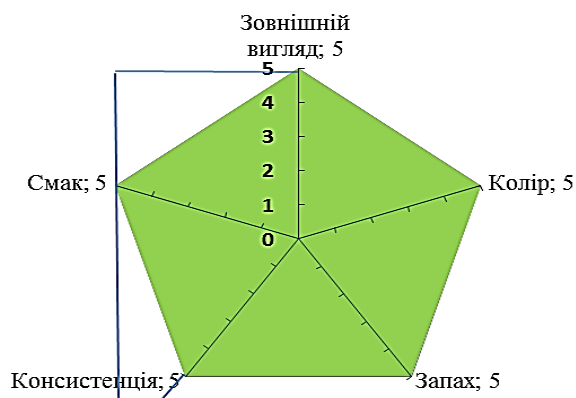


Рис. 3. Діаграма органолептичної оцінки консервів «Виноградний компот функціонального призначення».

За результатами дослідження визначення активної кислотності (потенціометричним методом), було отримано наступні значення рН: після 3-х місяців зберігання – 4,5; після 9 місяців зберігання – 4,4, що відповідає вимогам чинного ДСТУ.

*Висновки.* Таким чином, за допомогою математичного моделювання було розроблено рецептуру компоту з додаванням стевіозиду замість цукру. Встановлено, що додавання стевії до складу компоту позитивно впливає на хімічний склад продукту. Впровадження нового виду компоту профілактичної дії на основі стевіозиду дасть змогу отримати конкурентоспроможну продукцію на зовнішньому ринку.

#### Список використаних джерел

1. Паска М. З., Лескович О. В. Сучасні тенденції формування функціональних продуктів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2014. № 16, № 3(4). С. 137-147.

2. Адамчук Т. В. Стевія та підсолоджувачі на її основі. *Проблеми харчування*. 2012. № 1-2. С. 57-60.

3. Роїк М. В., Кузнецов І. В. Вивчення якості стевії-сировини (*stevia rebaudiana bertonii*) для її подальшого перероблення на біоконцентрати функціонального призначення. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Харків, 2012. № 26. С. 117-121.

4. Комбінування овочево-фруктової рецептурної композиції для отримання високоякісної продукції / А. Ю. Токар та ін. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 4, № 11(94). С. 55-60. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.140078.

5. Structure-dependent effects of sweet and sweet taste affecting compounds on their sensorial properties / М. К. Corinna et al. *Food Chemistry X*. 2020. Vol. 7, 100100. DOI: 10.1016/j.fochx.2020.100100.

6. Кузьменко І., Гончарова І. Харчова та біологічна цінність овочевофруктових консервів. *Товари і ринки*. 2012. № 2. С. 139-147.

7. Acca sellowiana: Physical-chemical-sensorial characterization and gastronomic potentialities / F. M. Amaral et al. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2019. Vol. 17. 100159. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2019.100159.

8. Moore C. J., Lindke A., Cox G. O. Using Sensory Science to Evaluate Consumer Acceptance of Recipes in a Nutrition Education Intervention for Limited Resource Populations. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2020. Vol. 52, № 2. P. 134-144. DOI: 10.1016/j.jneb.2019.07.012.

9. Foroutan A., Wishart D. S. Food Constituent and Food Metabolite Databases. *Comprehensive Foodomics*. 2021. P. 2-18. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22772-8.

10. Taming the pandemic? The importance of homemade plant-based foods and beverages as community responses to COVID-19 / A. Pieroni et al. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2020. Vol. 16, № 1. P. 1-9. DOI: 10.1186/s13002-020-00426-9.

11. Консерви «Компот із перчинкою»: пат. 126116 Україна : МПК А23L 19/00. № u2017 12354; заявл. 13.12.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

12. Непочатих Т. А., Гребенюкова Ю. О. Новий спосіб виробництва лікеру з додаванням стевії. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Нові рішення у сучасних технологіях*. 2018. № 45 (1321). С. 186-191. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.45.26.

13. Сафонова О. Н., Перцевой Ф. В., Гринченко О. А. Системные исследования технологий переработки продуктов питания. Харьков: ХДАТОХ, 2000. 200 с.

## **РОЗРОБЛЕННЯ НОВОГО ВИДУ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Валько М. І., Стоянова О. В., Зубкова К. В., Бобирь С. В.

### *Анотація*

У даній роботі розглянута проблема виготовлення плодовоовочевих консервів функціонального призначення. В статті пропонується новий вид консервів «Виноградний компот функціонального призначення». Обґрунтовано доцільність заміни цукру на натуральний цукрозамінник. Удосконалена рецептури компоту шляхом заміни в сиропі цукру (бурякового) на стевіозид. Наведено результати досліджень щодо удосконалення технологічної схеми виробництва компотів на основі червоного солодкого перцю і винограду. Досліджено залежність масової частки цукру та масової частки кислот від кількості стевіозиду. Дослідження хімічного складу продукту показали зростання харчової цінності за рахунок збільшення вітамінів, мінеральних речовин. Встановлено, що заміна цукру стевіозидом сприяє підвищенню корисних

властивостей даного виду продукту. Проведена робота свідчить про доцільність виробництва компотів за розробленою рецептурою, які можуть бути впроваджені на консервних переробних підприємствах.

**Ключові слова:** стевиозид, технологічна схема, компот, рецептура, червоний солодкий перець, виноград, якість, хімічний склад, харчова цінність.

## **РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Валько М. И., Стоянова О. В., Зубкова Е. В., Бобырь С. В.

### **Аннотация**

В данной работе рассмотрена проблема изготовления плодовоовощных консервов функционального назначения. В статье предлагается новый вид консервов «Виноградный компот функционального назначения». Обоснованно целесообразность замены сахара на натуральный сахарозаменитель. Усовершенствованная рецептуры компота путем замены в сиропе сахара (свекловичного) на стевиозид. Приведены результаты исследований по совершенствованию технологической схемы производства компотов на основе красного сладкого перца и винограда. Исследована зависимость массовой доли сахара и массовой доли кислот от количества стевиозида. Исследование химического состава продукта показали рост пищевой ценности за счет увеличения витаминов, минеральных веществ.

Установлено, что замена сахара стевиозидом способствует повышению полезных свойств данного вида продукта. Проведенная работа свидетельствует о целесообразности производства компотов по разработанной рецептуре, которые могут быть внедрены на консервных перерабатывающих предприятиях.

**Ключевые слова:** стевиозид, технологическая схема, компот, рецептура, красный сладкий перец, виноград, качество, химический состав, пищевая ценность.

## **DEVELOPMENT OF A NEW TYPE OF FUNCTIONAL PRODUCTS FOR FUNCTIONAL PURPOSE**

M. Valko, O. Stoyanova, K. Zubkova, S. Bobyr

### **Summary**

This paper considers the problem of making functional canned fruits and vegetables. An analysis of recent research and publications to study the current state of compote production. The authors propose to expand the range of canned fruit by creating a new recipe. The article offers a new range of canned food "Functional grape compote". The expediency of replacing sugar with natural sugar substitute is substantiated. Improved formulation of fruit and vegetable compote by replacing sugar (beet) syrup with stevioside. The results of research on the improvement of the technological scheme of compote production based on red sweet pepper and grapes are presented. The main technological processes are substantiated: transportation, acceptance, storage, washing, inspection and sorting, separation of ridges and peduncles, inspection, washing, blanching, cooling, stuffing, stacking, filling with syrup, sealing, sterilization and cooling, registration of finished products. warehouse storage. The dependence of the mass fraction of sugar and the mass fraction of acids on the amount of added stevioside was studied. It is established that the replacement of sugar with stevioside increases the useful properties of the finished product. The study

of the influence of the ingredients of the recipe showed an increase in the nutritional value of the finished product due to an increase in vitamins and minerals. With indicators of fat and carbohydrates are significantly reduced, which reduces the caloric content of compote and increases its usefulness. Improvement of the formulation provides the appropriate pH (not less than 4.2), which in turn allows preservation without the introduction of acid and ensures maximum preservation of the biological value of the finished product. It is established that the replacement of sugar with stevioside helps to increase the useful properties of this type of product. The carried out work testifies to expediency of production of compotes according to the developed compounding which can be introduced at the canning processing enterprises.

**Key words:** stevioside, technological scheme, compote, recipe, red sweet pepper, grapes, quality, chemical composition, nutritional value.

УДК 641.51/.54:637.352 DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-191-199

## РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОЛОЧНО-БІЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ТА БОРОШНА РОЗТОРОПШІ

Дейниченко Л. Г., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-9641-2266

Захаров В. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0985-207X

Таранишина І. Л., магістрант

*Національний університет харчових технологій*

Тел. (063) 135-60-63

Кравченко Т. В., к.пед.н.

ORCID: 0000-0002-3512-8624

*Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини*

Тел. (063) 222-87-32

*Постановка проблеми.* Станом на 2020 рік понад 820 млн. осіб у всьому світі недоїдають, а посухи, повені, урагани та інші наслідки зміни клімату загрожують збільшити це число у майбутньому [1]. Кількість людей, що мають аліментарні хвороби, постійно зростає, що поступово збільшує рівень захворюваності на інфекційні, психоневрологічні та серцево-судинні захворювання. З огляду на це, перед спеціалістами та вченими харчової галузі постає проблема вдосконалення харчової продукції та створення страв і кулінарних виробів, здатних підвищити імунітет пересічного споживача.

Особливо гостро перед харчовою промисловістю сьогодні стоїть проблема недостатності харчового білка [2]. Беручи до уваги те, що білкова недостатність має серйозні для організму негативні наслідки, такі як порушення діяльності залоз внутрішньої секреції, роботи печінки, нервової і ендокринної систем, зміни гормонального фону, погіршення пам'яті і працездатності[3], актуальним завданням на сьогодні є пошук шляхів збільшення в добовому раціоні людини частки продуктів з підвищеним вмістом білка.

Важливою складовою раціону сьогодні є сир кисломолочний та продукція з його використанням – десерти сиркові, сирники, запіканки, пудинги, пасти сирні, начинки для пиріжків, вареників, млинців, які характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю та є джерелом життєво важливих макро- та мікронутрієнтів. У останні роки ринок цієї продукції невпинно розвивається, що пов'язано зі збільшенням попиту та запровадженням мережевого формату збуту. Враховуючи це, доцільно удосконалювати продукцію з сиру кисломолочного, зокрема підвищуючи якість харчового білка, що входить її складу.

*Аналіз останніх досліджень.* Сьогодні сир кисломолочний широко використовується у складі страв і кулінарних виробів, що

виготовляються закладами ресторанного господарства. Узагальнення літературних та Internet-джерел [4...11] показує, що в останні роки в технології продукції з сиру кисломолочного розроблено та запроваджено низку новацій для надання їй функціонально-фізіологічних властивостей, а також регулювання функціонально-технологічних властивостей сиру кисломолочного як вихідної сировини (використання загусників, вологоутримуючих компонентів, стабілізаторів структури). Щодо останнього, то їх застосування більше спрямовано на усунення вад, які виникають під час використання сиру кисломолочного, – наявності синерезису, крихкої консистенції, нетривалого терміну зберігання тощо.

Так, науковцями Омського державного аграрного університету ім. П.А. Столипіна розроблено технологію пудингу на основі сиру кисломолочного, до складу якого входять вершки, сироп плодово-женьшеньовий, стабілізаційна система Стабісол JTL, іммобілізована закваска пробіотичних культур виду LAT PB AC-0, сир знежирений, одержаний методом ультрафільтрації. Установлено, що використання Стабісол JTL підвищує харчову цінність та сприяє формуванню пластичної мазкої консистенції продукту [7].

Фахівцями Київського національного торговельно-економічного університету [6] розроблено технологію чізкейків із використанням зернопродуктів – пшениці подрібненої, борошна горохового та соєвого, клітковини, висівок пшеничних та вівсяних, овочево-фруктових пюре. Ученими встановлено збільшення кількості мінеральних речовин (заліза – на 125...130%, кальцію – на 25...35%, йоду – в 2,6...3 рази), вітамінів (фолієвої кислоти – на 82...90%, біотину – на 45...50%, нікотинової кислоти – на 4...5%) порівняно з контролем за рахунок використання рослинних інгредієнтів.

У дослідженнях фахівців кафедри харчової біотехнології та хімії Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя запропоновано використання лляної олії (як джерела омега-3 жирних кислот) у складі сиркової пасти. Експериментально доведено, що завдяки наявності лляної олії та кисломолочних мікроорганізмів (кількість  $4,7 \times 10^8$  КУО/г) новий продукт характеризується пробіотичними властивостями [8].

Фахівцями Харківського державного університету харчування та торгівлі [9] розроблено технології десертів із сиру кисломолочного підвищеної харчової цінності за рахунок використання дієтичної добавки «Гемовітал». Відзначено, що за умови споживання 100 г десерту забезпечується 1/3 добової потреби організму людини в гемовому залізі.

Авторами [10] розроблено молочно-рослинний збивний десерт на основі сиру кисломолочного з використанням чуфи та топінамбура, що дозволяє забезпечити наявність необхідних компонентів їжі для

людей із порушеним вуглеводним обміном.

Фахівцями Національного університету харчових технологій [11] розроблено пасти кисломолочні закусочного типу з композиціями прянощів, до складу яких входять сухий мелений корінь селери, базилік, майоран, сухий часник та духмяний перець. Обґрунтовано раціональний вміст наповнювачів: корінь селери – 2,0%, прянощі – 0,6...1,8% та доцільність внесення стабілізатора (модифікованого крохмалю) у кількості 0,2%.

Узагальнюючи аналіз існуючих розробок у області технологій кулінарної продукції з сиру кисломолочного слід зазначити, що більшість із них стосується регулювання біологічної цінності шляхом збільшення вмісту у готовій продукції вітамінів, макро- та мікронутрієнтів. Однак кількість розробок, спрямованих на збільшення кількості білкових речовин у готовій продукції, досить обмежена, що визначає актуальність обраного напрямку досліджень.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є обґрунтування та розробка технології сирників «Феєрія» з підвищеним вмістом білкових речовин.

Для досягнення поставлених цілей, необхідно було вирішити ряд наступних завдань:

- обґрунтувати доцільність використання молочно-білкового концентрату та борошна розторопші у технологіях виробів з сиру кисломолочного;
- розробити модельні композиції сирників та провести їх аналіз за органолептичними показниками;
- розробити технологію сирників «Феєрія» на базі найкращої з модельних композицій;
- оцінити якість розроблених сирників у порівнянні з класичним аналогом.

*Основна частина.* Для виконання поставлених задач було розроблено різні модельні композиції нової страви, що передбачають внесення у рецептуру сирників молочно-білкового концентрату та борошна з розторопші у різних співвідношеннях.

Борошно розторопші – це перемелене насіння розторопші, після подальшого холодного віджиму з нього рослинного масла. У порівнянні з борошном пшеничним, борошно розторопші має у своєму складі в два рази більше білків, на третину менше вуглеводів і в 10 раз більше жирів [12].

Молочно-білковий концентрат «Казецит» (МБК) виготовляють на основі молочної сироватки, що є цінною білково-вуглеводною сировиною. Білки, що входять до його складу, є джерелом значної кількості незамінних амінокислот [13].

Під час розробки модельних композицій нової страви, МБК вносили у рецептуру у кількості 15...40 %, адже при меншому вмісті

МБК у харчовій системі, харчова цінність готового виробу змінювалася не суттєво, а при вмісті більше 40 % виріб втрачав м'яку консистенцію, ставав ламким, а його поверхня покривалась тріщинами при випіканні. Борошно розторопші вносили у рецептуру у кількості 40 %, оскільки менший його вміст в рецептурі негативно впливав на консистенцію готового виробу, а при більшому його вмісті виріб набував характерного неприємного запаху. Рецептурний склад модельних композицій сирників наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Модельні композиції нового продукту

Назва сировини	Співвідношення інгредієнтів, г				
	Контроль	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №4
МБК	–	15,00	25,00	35,00	45,00
Борошно розторопші	–	40,00	40,00	40,00	40,00
Сир к/м знежирений	76,00	27,00	17,00	12,00	3,00
Яйця	4,00	12,00	12,00	7,00	6,00
Цукор	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Борошно пшеничне	14,00	–	–	–	–
Вихід, г	100	100	100	100	100

Органолептичну оцінку отриманих зразків проводили методом умовного профілювання згідно ГОСТ ISO 13299-2015. Отримані результати обчислювали математичними методами та використовували для побудови профілограм за допомогою програми MS Excel. Результати оцінювання модельних композицій та розрахунок площ отриманих профілів наведено на рис.1.

Як можна побачити з рис. 1, всі вироби мали овальну форму, золотистий або світло-жовтий колір, пружну та м'яку консистенцію, окрім зразка №4, який після приготування втрачав форму. Найбільшою площею багатокутника якості і найкращими органолептичними параметрами характеризувався зразок № 2.

Таким чином, спираючись на результати органолептичної оцінки модельних композицій, можна зробити висновок про те, що найбільш раціональним є додавання до запропонованої рецептури білкового концентрату у кількості 25 %.

Отже, у технології сирників «Феєрія» було використано співвідношення рецептурних компонентів, що відповідає рецептурі модельної композиції № 2.

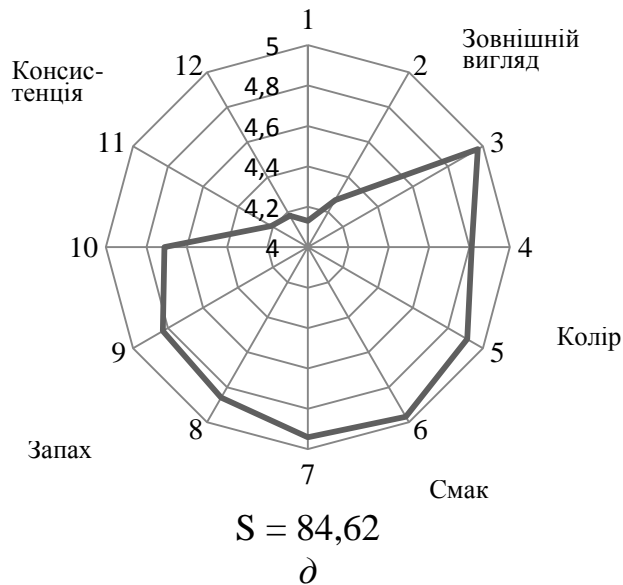
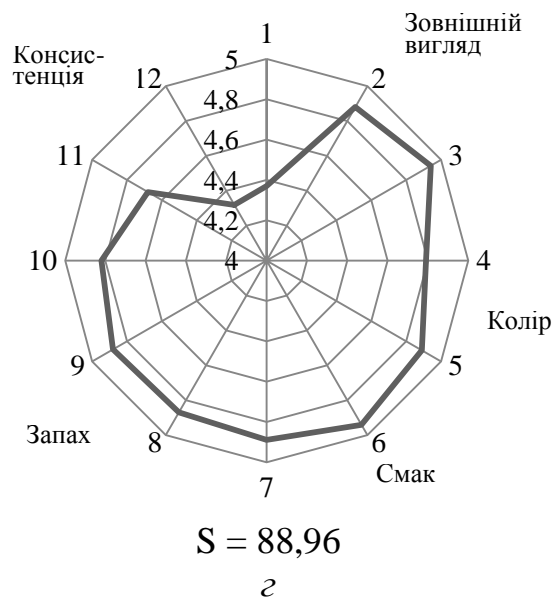
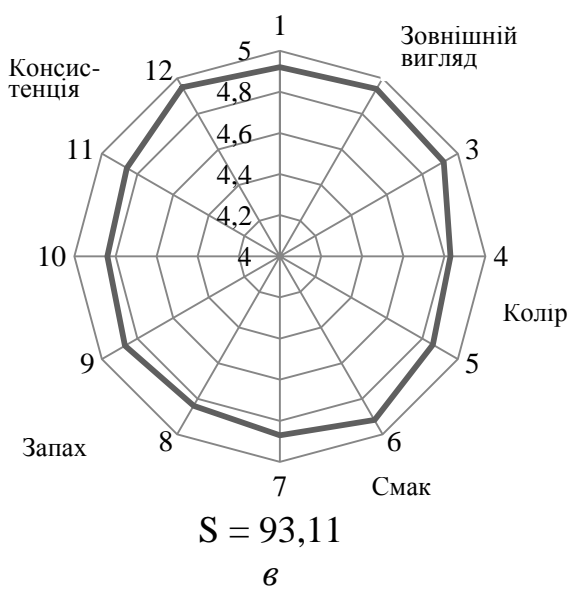
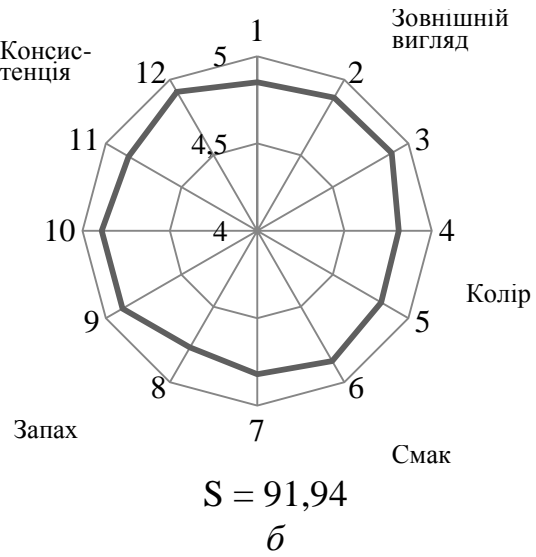
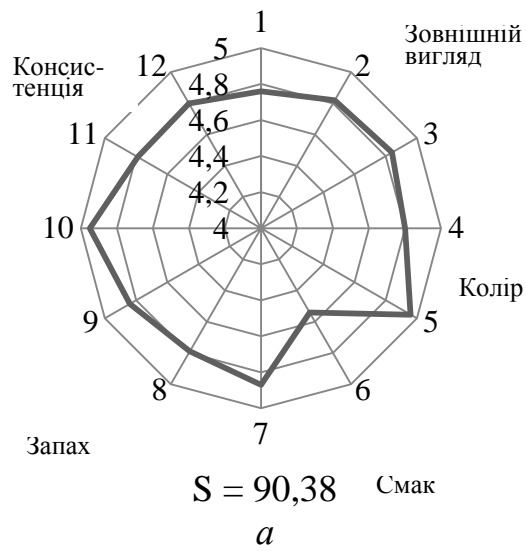


Рис. 1. Профілограми модельних композицій: контроль (а), зразок №1 (б), зразок №2 (в), зразок №3 (г), зразок №4 (д).

Технологічну схему приготування сирників «Феєрія» наведено на рис. 2.

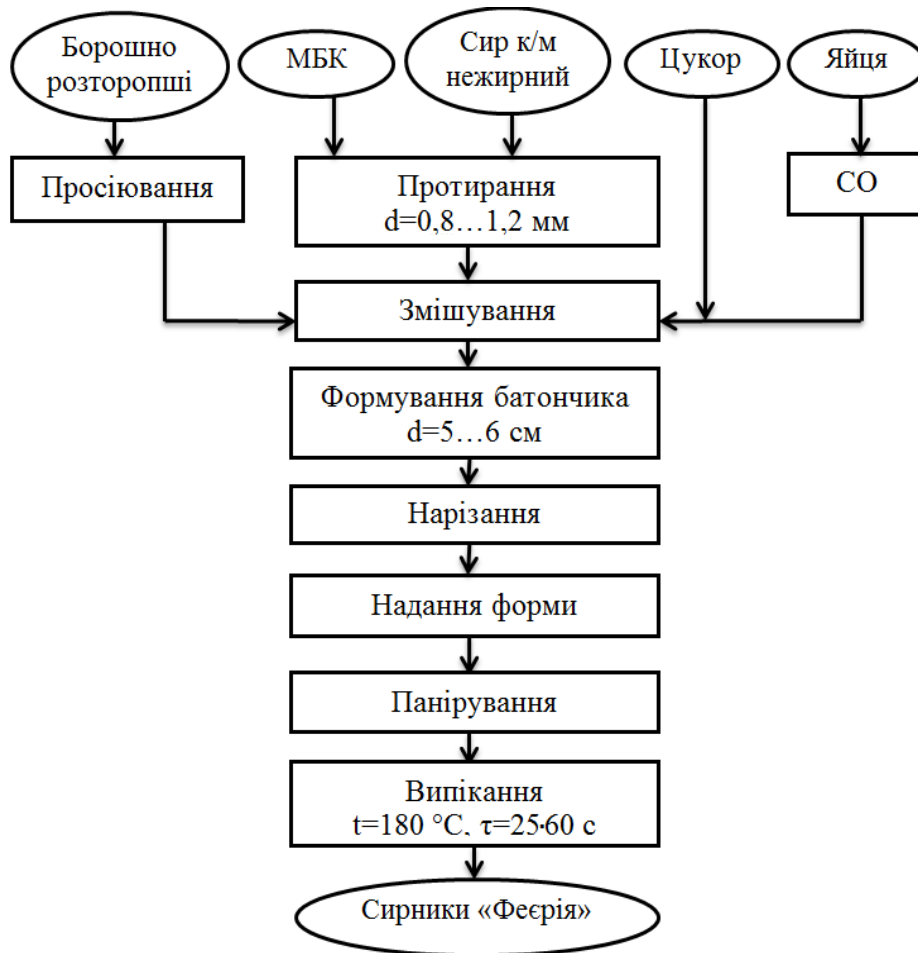


Рис. 2. Технологічна схема приготування сирників «Феєрія».

Згідно удосконаленої технології (рис. 2), для приготування сирників «Феєрія» знежирений кисломолочний сир з молочно-білковим концентратом протирають через сито, змішують з цукром, яйцем та борошном розторопші. Отриману масу перемішують до однорідного стану, формують у вигляді батону діаметром 5-6 см, нарізають поперек та панірують у борошні, надаючи форму круглих биточків завтовшки 1,5 см. Випікають вироби при температурі 180 °C, протягом 25 хв.

Результати розрахунків харчової цінності запропонованих сирників у порівнянні з контрольним зразком наведені у таблиці 2.

За результатами розрахунків було визначено, що запропонована страва при однаковому з контрольним зразком на виході має незначне зменшення вмісту жирів. При цьому спостерігається збільшення вмісту білків на 10,4 г і вуглеводів на 10,2 г, що пояснюється зміною співвідношення інгредієнтів у розробленій рецептурі та поліпшенням їх якісного складу. Вміст вологи у порівнянні з контролем зменшується на 20,5 г, що супроводжується підвищенням пружності

розроблених виробів. Енергетична цінність сирників «Феєрія» у порівнянні з класичним аналогом збільшується на 80,64 кКал.

Таблиця 2 – Харчова цінність розробленого продукту у порівнянні з контролем

Нутрієнт	Контроль	Сирники «Феєрія»
Білки, г	12,8	23,2
Жири, г	6,58	6,4
Вуглеводи, г	18,6	28,8
Вміст вологи, г	61,1	40,6
Ен. цінність, ккал	185,13	265,8

*Висновки.* Обґрунтовано і розроблено технологію сирників «Феєрія» з підвищеним вмістом білкових речовин. Розроблено модельні композиції сирників, проведено їх органолептичний аналіз та визначено, що найбільш раціональним є додавання до запропонованої рецептури інноваційних інгредієнтів, а саме молочно-білкового концентрату та борошна розторопші, у кількості 25 % та 40 % відповідно. Оцінено якість розроблених сирників та визначено, що у розробленому продукті спостерігається збільшення кількості білків на 10,4 г і вуглеводів на 10,2 г у порівнянні з класичним аналогом. Використання розробленої технології в закладах ресторанного господарства дозволить розширити асортимент продуктів з високим вмістом білкових речовин і сприятиме зменшенню рівня білкової недостатності серед населення України.

#### Список використаних джерел

1. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С. П. Іванюта та ін. Київ: НІСД, 2020. 110 с. URL [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf) (дата звернення: 05.02.2021).
2. Смоляр В. І. Основні тенденції в харчуванні населення України. *Проблеми харчування*. 2007. № 4. С. 5-9.
3. Кравченко Э., Свириденко Ю., Плисов Н. Состав и некоторые функциональные свойства белков молока. *Молочная промышленность*. 2005. Вип. 11. С. 42–44.
4. Назаренко І. В., Чумачова Т. Ю. Особливості виробництва сиркових десертів. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2013. Вип. 76. С. 25-30.
5. Соловьева М. С. Разработка технологии творожных десертов на основе сухих молочных компонентов. *Молочное дело*. 2013. Вип. 5. С. 23-26.
6. Пересічний М. І., Пересічна С. М., Розумна Н. В. Мінеральний склад чизкейків з використанням рослинної сировини.

*Харчова наука і технологія*. 2014. Вип. 2 (27). С. 6-9.

7. Вотинцев Ю. П. Изучение процесса структурообразования творожного десертного продукта (пудинга). *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2016. Вып. 2 (22). С. 212–216.

8. Лялик А. Т. Розробка та дослідження кисломолочного продукту – сиркова паста з лляною олією під час зберігання. *Науковий вісник ЛНУВМБС ім. С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17, № 1 (61), ч. 4. С. 55–60.

9. Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Коваленко В. О. Наукові основи технології та системного використання харчових продуктів оздоровчої дії для різних верств населення: монографія. Харків: ХДУХТ, 2015. 274 с.

10. Золовська О. В. Розробка технологій молочно-рослинних десертів профілактичного призначення: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Одеса, 2013. 186 с.

11. Закусочні кисломолочні пасти з композиціями прянощів: пат. 103374 Україна: МПК А23С 9/13. № u2015 06576; заявл. 03.07.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23.

12. Ільдїрова С. К., Стїборовський С. Є., Старостеле О. В. Технологія виробів з пісочного тіста з використанням дикорослої розторопші плямистої. *Харчова наука і технологія*. 2010. Вип. 1 (10). С. 91-94.

13. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Ветров В. М. Нові види копреципітатів та їх використання в харчових технологіях: монографія. Донецьк: Донеччина, 2010. 176 с.

## **РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОЛОЧНО-БІЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ТА БОРОШНА РОЗТОРОПШІ**

Дейниченко Л. Г., Захаров В. В., Таранишина І. Л.

### *Анотація*

У статті обґрунтовано та представлено технологію сирників «Феєрія» з підвищеним вмістом білкових речовин. Обґрунтовано доцільність використання молочно-білкового концентрату та борошна розторопші у технологіях виробів з сиру кисломолочного. Розроблено модельні композиції запропонованої страви та представлено їх рецептурний склад. Проведено їх органолептичну оцінку методом умовного профілювання. Розроблено технологію сирників «Феєрія», що передбачає використання молочно-білкового концентрату у кількості 25 %, борошна розторопші у кількості 40 %. Наведено харчову та енергетичну цінність запропонованих сирників у порівнянні з контрольним зразком. Визначено, що запропонована страва при однаковому з контрольним зразком виході характеризується незначним зменшенням вмісту жирів, збільшенням вмісту білків та вуглеводів.

**Ключові слова:** молочно-білковий концентрат, борошно розторопші, сирники, харчова цінність, енергетична цінність.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЫРНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНО-БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА И МУКИ РАСТОРОПШИ

Дейниченко Л. Г., Захаров В. В., Таранишина И. Л.

### *Аннотация*

В статье обоснована и представлена технология сырников «Феерия» с повышенным содержанием белковых веществ. Обоснована целесообразность использования молочно-белкового концентрата и муки расторопши в технологиях изделий из творога. Разработаны модельные композиции предложенного блюда и представлен их рецептурный состав. Проведена их органолептическая оценка методом условного профилирования. Разработана технология сырников «Феерия», что предусматривает использование молочно-белкового концентрата в количестве 25 %, муки расторопши в количестве 40%. Приведены пищевая и энергетическая ценности предложенных сырников в сравнении с контрольным образцом. Определено, что предложенное блюдо при одинаковом с контрольным образцом выходе характеризуется незначительным уменьшением содержания жиров, увеличением содержания белков и углеводов.

**Ключевые слова:** мука расторопши, молочно-белковый концентрат, сырники, пищевая ценность, энергетическая ценность.

## DEVELOPMENT OF THE CHEESECAKE TECHNOLOGY USING MILK-PROTEIN CONCENTRATE AND MILK THISTLE FLOUR

L. Deinychenko, V. Zakharov, I. Taranychina

### *Summary*

The article substantiates and presents the technology of cheesecakes «Feeria» with high protein content. The expediency of using milk-protein concentrate and milk thistle flour in the technologies of sour milk cheese products is substantiated. Model compositions of the offered dish are developed. During their development it was proved the expediency of using milk-protein concentrate in the amount of 15... 40% and milk thistle flour in the amount of 40 %. The compounding structure of model compositions is presented; their organoleptic evaluation is carried out by the method of conditional profiling. Basing on the results of organoleptic evaluation of model compositions, it was determined that the most rational is the addition to the proposed cheesecakes prescription of protein concentrate in the amount of 25 %.

The technology of cheesecakes «Feeria» is developed, the technological scheme of their preparation is given. The nutritional and energy value of the proposed cheesecakes in comparison with the control sample is presented. It is determined that the proposed dish at the same yield as the control sample is characterized by a slight decrease in fat content, as well as increase in protein and carbohydrate content, due to the change in the ratio of ingredients and the improvement of their quality composition. The moisture content compared to the control sample is reduced by 20.5 g, which is accompanied by an increase in the elasticity of the developed foods. The energy value of cheesecakes «Feeria» increases by 80.64 kCal in comparison with the classic analogue. The use of the developed technology in restaurants will expand the range of products with high protein content and will help reduce the level of protein deficiency among the population of Ukraine.

**Key words:** milk-protein concentrate, milk thistle flour, cheesecakes, харчова nutritional value, energy value.

## ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ДРАГЛЕУТВОРЮВАЧА В ТЕХНОЛОГІЇ ТОРТА «ШОКОЛАДНО-ЗЕФІРНИЙ»

Євлаш В. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-8525-8937

Фошан А. Л., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-4989-010X

Пілюгіна І. С., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6159-3258

Мурликіна Н. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-7917-2993

Аксьонова О. Ф., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4666-9271

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-66

*Постановка проблеми.* Кондитерськими підприємствами України випускається широкий спектр виробів на основі агару, який не виробляється в Україні, а імпортується з-за кордону. Крім того, з огляду на пріоритет функціональних властивостей, порівняно з іншими драглеутворювачами комерційна вартість агару більша ніж агароїду, фурцеларану, карагінану, пектину або желатину.

Для зменшення витрат агару в технологіях кондитерських виробів широко використовують добавки, які синергують структуроутворюючі здатності агару [1-5]. Такими добавками як ефективними загусниками, які не змінюють свої властивості за тривалого кип'ятіння, можуть бути натрій-, кальцій, та амоній альгінати, а також суміші альгінатів із солями кальцію, що утворюють пружні термонеоборотні гелі холодним способом.

Таким чином, вивчення можливості використання натрій альгінату у складі комплексного драглеутворювача для виробництва тортів «Шоколадно-зефірний» є актуальним завданням. Реалізація задуму дозволить одержати харчовий продукт високої якості зі зниженим вмістом агару, розширити асортимент тортів та знизити собівартість готової продукції.

*Аналіз останніх досліджень.* На сьогодні активно проводяться дослідження щодо використання нетрадиційної сировини в технологіях кондитерських виробів з метою скорочення витрат драглеутворювачів [6-9]. Так, у роботі [7] показано перспективність використання суміші агар-агару та желатину, продукту Ламідан під час виробництва мармеладу, що дозволяє одержати вироби з поліпшеними структурно-механічними властивостями. Результати досліджень [8] доводять доцільність використання функціональних добавок натрій триполіфосфату, калій цитрату, натрій альгінату, кальцій хлориду у виробництві мармеладу желейного формового, що дозволяє одержати продукт зі зниженим вмістом каппа-карагінану.

Також висвітлено можливість використання природних полісахаридів у поєднанні з гіпертонічним розчином сахарози після осмотичного зневоднення ягідної сировини з метою формування структурної матриці харчових систем різної міцності, а саме у виробництві желейної і термостабільної начинки для використання в кондитерському виробництві [9].

Однак, завдання використання комплексного драглеутворювача, у тому числі з натрій альгінатом, у виробництві торта «Шоколадно-зефірний» не вирішувалось. Тому вирішення його є доцільним і своєчасним.

*Формулювання цілей статті.* Мета досліджень – удосконалити технологію торта «Шоколадно-зефірний» шляхом використання комплексного драглеутворювача.

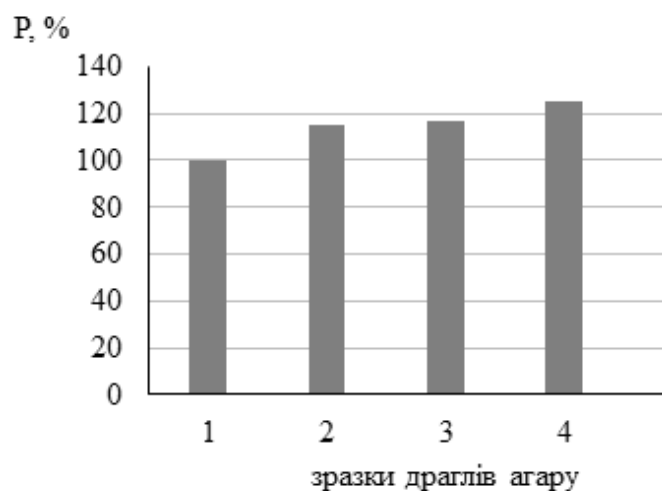
*Основна частина.* Об'єктом дослідження була технологія торта «Шоколадно-зефірний». Предмети дослідження включали модельні системи на основі агару; торт «Шоколадно-зефірний», виготовлений за рецептурою-прототипом та рецептурою з використанням комплексного драглеутворювача.

Процес виробництва торта «Шоколадно-зефірний» складається з наступних операцій: підготовка сировини; замочування і промивання агару; приготування агаро-патокового сиропу; приготування яблучно-цукрової суміші; приготування зефірної маси; розливання зефірної маси в форми і вистоювання; глазурування шоколадною глазур'ю і охолодження; пакування; маркування; транспортування і зберігання.

Для приготування торта «Шоколадно-зефірний» основною сировиною є: цукор білий, шоколадна глазур, пюре яблучне, патока крохмальна, білок яєчний, агар, лимонна кислота, есенція ванільна, кальцій хлорид [10].

У рецептурі торта дозування драглеутворювача агару становить 6 кг/1000 кг готових виробів. Для зменшення витрати драглеутворювача в рецептурному складі нами запропоновано частково замінити агар на натрій альгінат. Під час проведення комплексу досліджень використовували таку модельну систему: «вода – агар – натрій альгінат – кальцій хлорид». За еталон вибрали міцність 1% драглів агару. Результати експерименту наведено на рисунку 1.

З рисунку видно, що кожна з добавок окремо збільшує міцність драглю: натрій альгінат – на 15%, кальцій хлорид – на 17%. Сумарна дія обох добавок підвищує міцність драглів агару на 25% порівняно з контролем. Висока регулярність структури агару після додавання полісахариду з макромолекулами іншої хімічної природи викликає порушення в просторовому розташуванні полісахаридного ланцюга з утворенням нових вузлів зв'язку. Це призводить до створення тривимірної сітки драглю і його зміцненню.



1 – без добавок; 2 – 0,5% натрій альгінату; 3 – 0,03% кальцій хлориду; 4 – 0,5% натрій альгінату і 0,03% кальцій хлориду.

Рис. 1. Відносна міцність драглів 1% агару залежно від виду добавок.

Встановлено залежності міцності драглів агару за різних масових концентрацій натрій альгінату і кальцій хлориду. Отримані результати наведено на рисунку 2.

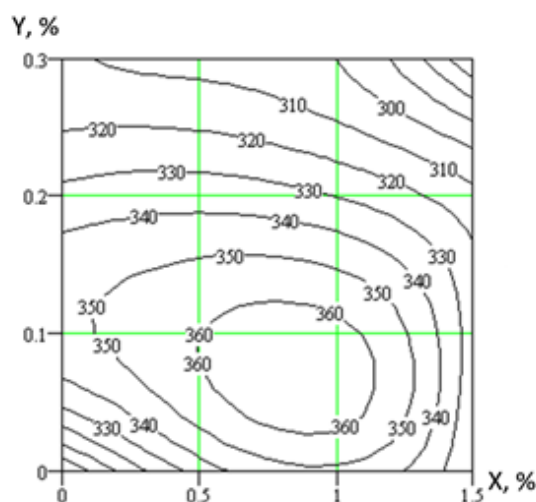


Рис. 2. Криві рівних значень міцності драглів агару залежно від концентрації натрій альгінату (X) і кальцій хлориду (Y).

Визначено, що комбінацією масового вмісту системи агар – натрій альгінат – кальцій хлорид у комплексному драглеутворювачі досягається максимум міцності драглів – 360 г Валента.

Однією з важливих функціонально-технологічних властивостей є здатність драглів до витрати маси за рахунок випаровування. Виходячи з того, що в таких системах цей процес характеризується енергією дегідратації, за допомогою методу термогравіметричного аналізу, визначено, що додавання до водних розчинів агару, натрій альгінату і кальцій хлориду збільшує енергію дегідратації з 49,8

кДж/моль до 66,5 кДж/моль, що є підґрунтям для створення технологій драглів з високою міцністю системи.

Із урахуванням отриманих результатів нами розроблено рецептуру торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача, яка наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Рецептура торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

Найменування компонентів	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини, кг			
		на 1000 кг напівфабрикату		на 1000 кг готової продукції	
		у натурі	у сухих речовинах	у натурі	у сухих речовинах
Шоколадна глазур	99,10	353,48	353,30	358,30	355,10
Цукор-білий	99,85	432,40	431,75	438,37	437,71
Патока крохмальна	78,00	90,59	70,66	91,84	71,64
Пюре яблучне	10,00	236,36	23,64	239,86	23,99
Білок яечний	12,00	42,18	5,06	42,50	5,10
Агар	85,00	3,00	2,55	3,02	2,57
Натрій альгінат	85,00	3,00	2,55	3,02	2,57
Кальцій хлорид	96,00	0,29	0,28	0,30	0,30
Кислота лимонна	91,20	5,00	4,56	5,01	4,57
Есенція ванільна	0,00	0,65	0,00	0,65	0,00
Взагалі	–	1166,95	894,35	1182,87	903,55
Вихід	86,68	1000,00	866,80	1000,00	866,80

Відмінність нової рецептури від вихідної полягає у скороченні витрат агару на 50%, використанні комплексного драглеутворювача агар – натрій альгінат – кальцій хлорид, що дозволяє одержати вироби високої якості належної міцності. Технологічну схему виробництва нових виробів наведено на рисунку 3.

Приготування торта за даною технологією передбачає підготовку натрій альгінату реалізацією операції замочування. Відмінність запропонованої технології полягає у додаванні набряклого натрій альгінату на стадії приготування агаро-цукрово-патокового сиропу. Послідовність операцій технологічного процесу приготування торта залишили без змін. Це надасть можливість досить

швидко впровадити запропоновану технологію на будь-якому кондитерському виробництві.

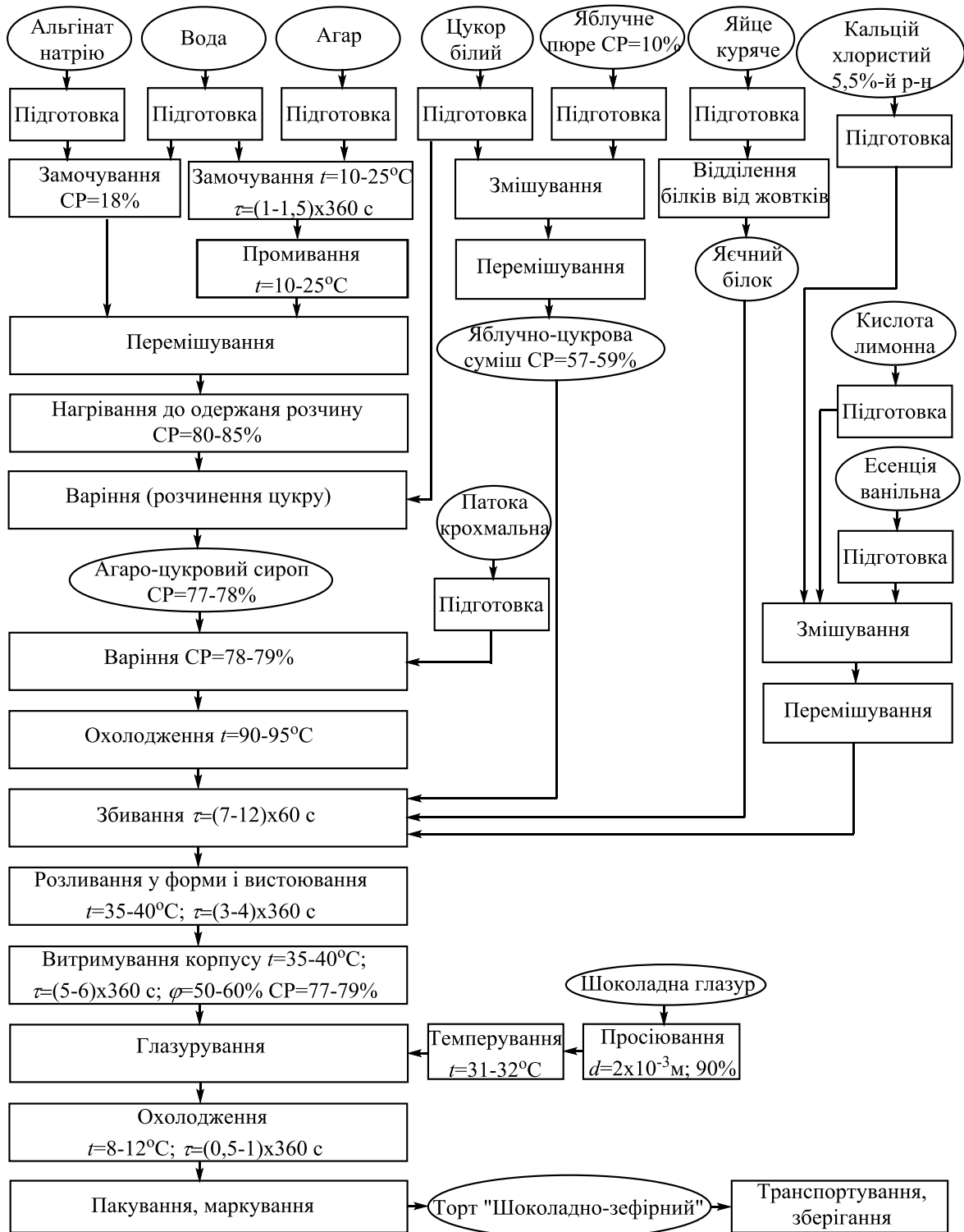


Рис. 3. Технологічна схема виробництва торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача.

Проведена органолептична оцінка зразків торта «Шоколадно-зефірний» показала їх повну відповідність вимогам нормативної документації на даний вид продукції (табл. 2).

Таблиця 2 – Органолептичні показники якості торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

Назва показника	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Поверхня має рифлений малюнок з чіткими контурами і покрита гладким шаром шоколадної глазури, без тріщин, посивіння або просвічування корпусу
Смак і запах	Ясно виражені, характерні для даного найменування виробу, без стороннього присмаку і запаху, без присмаку сірчастого ангідриду, а також різкого смаку і запаху есенції
Колір	Властивий даному найменуванню виробу, рівномірний
Консистенція	Пишна, легко піддається руйнуванню
Структура	Рівномірна, дрібнопориста
Форма	Квадратна, правильна, з чітким контуром

Результати визначення фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача наведено в таблицях 3, 4.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники якості торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

Найменування показника	Значення показника для торта (корпус)
Вологість, %	$20,5 \pm 0,8$
Густина, г/см <sup>3</sup>	$0,55 \pm 0,02$
Загальна кислотність, град.	$5,3 \pm 0,1$
Масова частка редукувальних речовин, %	$7,0 \pm 0,3$

Таблиця 4 – Мікробіологічні показники торта «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача

Найменування показника	Значення показника для торта	
	Норма	На комплексному драглеутворювачі
КМАФАМ, КУО/г, не більше	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи), в 0,1 г	не допускаються	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	не допускаються	не виявлено
Плісєневі гриби, КУО/г, не більше	100	20

Згідно отриманих даних, розроблений торт «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідає вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

Таким чином, використання комплексного драглеутворювача агар – натрій альгінат – кальцій хлорид у технології торта «Шоколадно-зефірний» дозволяє зменшити рецептурну кількість агару на 50% та одержати вироби з високими показниками якості. Крім того, використання комплексного драглеутворювача дозволяє знизити собівартість продукції за рахунок зниження вартості драглеутворювача.

*Висновки.* 1. Удосконалено технологію торта «Шоколадно-зефірний» шляхом використання комплексного драглеутворювача.

2. Доведено, що використання натрій альгіанату у складі комплексного драглеутворювача дозволяє одержати драглі належної міцності та знизити рецептурну кількість агару на 50%.

3. Термогравіметричним методом встановлено, що додавання натрій альгіанату та кальцій хлориду до водних розчинів агару збільшує енергію дегідратації з 49,8 кДж/моль до 66,5 кДж/моль, що свідчить про збільшення міцності системи.

4. Визначено, що органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості нового виду торта відповідають вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

5. Торт «Шоколадно-зефірний» на основі комплексного драглеутворювача є продуктом зі зниженою собівартістю, що робить його конкурентоспроможним на ринку кондитерських виробів.

#### **Список використаних джерел**

1. Goff H. D., Guo Q. Chapter 1: The Role of Hydrocolloids in the Development of Food Structure. *Handbook of Food Structure Development*. 2019. P. 1–28. DOI:10.1039/9781788016155-00001.

2. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / ред.-сост. А. Аймесон; пер. с англ. С. В. Макарова. Санкт-Петербург: Профессия, 2012. 408 с.

3. Фоцан А. Л. Управление процессом студнеобразования при производстве желейной продукции. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2004. № 2 (8). С. 38–42.

4. Stephen A. M., Phillips G. O., Williams P. A. *Food Polysaccharides and Their Applications*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2006. 712 p.

5. Dickinson E. *An Introduction to Food Colloids*. 207 Seiten, zahlr. Abb. Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 1992. 207 p.

6. Спосіб отримання мармеладу желейного формового на суміші пектину низькоетерифікованого та желатину: пат. 97254 Україна:

МПК А23L 1/05. № u2014 08597; заявл. 28.07.2014; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 25.

7. Спосіб приготування желейного мармеладу: пат. 93929 Україна: МПК А23L 1/06. № a2009 05359; заявл. 28.05.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 6.

8. Спосіб отримання мармеладу желейного формового на каппакарагані з якісно зміненими функціонально-технологічними властивостями: пат. 94598 Україна: МПК А23L 1/00. № u2014 04146; заявл. 17.04.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.

9. Беркетова Л. В., Грибова Н. А., Елисеєва Л. Г. Исследование и разработка желейно-ягодного мармелада с природными полисахаридами на основе отработанного сиропа после осмотического обезвоживания. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019. Т. 81. № 4. С. 77–82. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-4-77-82.

10. Збірник рецептур на пастильні й мармеладні вироби та цукерки з желейними корпусами: посібник / В. І. Оболкіна та ін. Харків: ХДУХТ, 2020. 98 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ДРАГЛЕУТВОРЮВАЧА В ТЕХНОЛОГІЇ ТОРТА «ШОКОЛАДНО-ЗЕФІРНИЙ»**

Євлаш В. В., Фоцан А. Л., Пілюгіна І. С., Мурликіна Н. В., Аксьонова О. Ф.

### *Анотація*

Експериментально доведено актуальність використання комплексного драглеутворювача агар – натрій альгінат – кальцій хлорид у виробництві торта «Шоколадно-зефірний». А саме, визначено показники міцності модельних драглів на його основі; термогравіметричним методом встановлено збільшення енергії дегідратації від 49,8 до 66,5 кДж/моль і міцності системи після додавання до водних розчинів агару натрій альгінату і кальцій хлориду. Доведено, що використання комплексного драглеутворювача дозволяє зменшити рецептурну кількість агару на 50%. Удосконалено технологію виробництва торта «Шоколадно-зефірний». Показано, що новий вид торта за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками якості відповідає вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

**Ключові слова:** комплексний драглеутворювач, натрій альгінат, кальцій хлорид, агар, торт.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СТУДНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ТЕХНОЛОГИИ ТОРТА «ШОКОЛАДНО-ЗЕФИРНЫЙ»**

Євлаш В. В., Фоцан А. Л., Пілюгіна І. С., Мурлыккіна Н. В., Аксенова Е. Ф.

### *Анотація*

Експериментально доказано актуальність використання комплексного студнеобразователя агар – натрій альгінат – кальцій хлорид в производстве

торта «Шоколадно-зефирный». В частности, определены показатели прочности модельных желе на его основе; термогравиметрическим методом установлено увеличение энергии дегидратации от 49,8 до 66,5 кДж/моль и прочности системы после добавления к водным растворам агара натрий альгината и хлорида кальция. Доказано, что использование комплексного студнеобразователя позволяет уменьшить рецептурное количество агара на 50%. Усовершенствована технология производства торта «Шоколадно-зефирный». Показано, что новый вид торта по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям качества соответствует требованиям нормативной документации на данный вид продукции.

**Ключевые слова:** комплексный студнеобразователь, натрий альгинат, кальций хлорид, агар, торт.

## USE OF COMPLEX GELLING AGENT IN TECHNOLOGY OF "CHOCOLATE - MARSHMALLOW" CAKE

V. Evlash, A. Foshchan, I. Piliugina, N. Murlykina, O. Aksonova

### *Summary*

To reduce the cost of agar in the technology of confectionery products widely used additives that synergize the structural properties of agar. Sodium, calcium, and ammonium alginates, as well as mixtures of alginates with calcium salts, which form elastic thermoreversible gels by the cold method, can be such additives as effective thickeners that do not change their properties during prolonged boiling.

The relevance of using a complex gelling agent agar – sodium alginate and calcium chloride in the production of "Chocolate-marshmallow" cake has been experimentally proved. Namely, the strength indicators of model gems based on it are determined. The thermogravimetric method revealed an increase in the dehydration energy from 49.8 to 66.5 kJ / mol and the strength of the system after adding to the aqueous solutions of agar sodium alginate and calcium chloride. It is proved that the use of a complex gelling agent allows to reduce the prescribed amount of agar by 50%.

The technology of production of "Chocolate-marshmallow" cake has been improved. Preparation of the cake by this technology involves the preparation of sodium alginate by implementing the soaking operation. The difference of the proposed technology is the addition of swollen sodium alginate at the stage of preparation of agar-sugar-molasses syrup. The sequence of operations of the technological process of cake preparation remains unchanged. This will allow you to quickly implement the proposed technology in any confectionery industry.

It is shown that the new type of cake in terms of organoleptic, physicochemical and microbiological quality indicators meets the requirements of regulatory documentation for this type of product. Chocolate-marshmallow cake on the basis of a complex gemstone is a low-cost product. Therefore, it will be competitive in the confectionery market.

**Key words:** complex gelling agent, Sodium Alginate, Calcium Chloride, agar, cake.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СОКУ ЗЕЛЕНИХ РОСЛИН НА ПРОЦЕСИ ПРОРОЩУВАННЯ ЗЕРНА

Чурсінов Ю. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-9508-2701

Ковальова О. С., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-4774-646X

Головня Н. В., інженер

*Дніпропетровській державний аграрно-економічний університет*

Тел. (056) 744-81-32

*Постановка проблеми.* Здорове харчування це найважливіша умова збереження здоров'я людини. Це досягається шляхом харчування людини збалансованою їжею: за білками, жирами, вуглеводами, вітамінами та мікроелементами. Тому пошук природніх, низькокалорійних, з підвищеною харчовою і біологічною цінністю є постійно актуальним.

Одне з пріоритетних напрямків розвитку харчової промисловості є виробництво здорових продуктів харчування, з використанням пророщеної зернової сировини.

Використання в раціоні харчування продуктів на основі солоду із зерна виробленого з використанням біологічно-активних речовин, а саме соку зелених рослин, це можливість використання в їжу природніх продуктів з біологічними властивостями, що знаходяться в фазі максимальної життєвої активності. Проросле зерно, яке вироблено із зерна з використанням біологічно-активних речовин, а саме соку зелених рослин, багато ферментами, необхідними для перетравлення і засвоєння їжі, легкозасвоюваними моноцукрами, жирними кислотами та амінокислотами, які забезпечують людський організм активною енергією, так як саме в процесі проростання вуглеводи, жири та білки перетворюються в більш прості органічні сполуки. При проростанні збільшується кількість вітамінів, зберігається багатий мінеральний склад.

*Аналіз останніх досліджень.* Основні способи інтенсифікації процесу солододорощення перебувають у центрі уваги науковців.

Відомі способи інтенсифікації процесу солододорощення: хімічний інтенсифікатор, до якого належать розчини органічних і неорганічних кислот різного походження, такі як молочна кислота, гіберелінові, бурштинова, ферулова, кумарин, нікотинова кислота, фолієва [6-8]; біотехнологічний стимулятор росту, такі як фіторегулятор, росторегулятор, хітозан, Цілловередин Г20Х, Дістицим П7 [3]; фізичний метод прискорення – це червоне і

інфрачервоне випромінювання, кавітаційне пророщування, прискорення мікроелектрострумом, метод барботування [4-5], також відомі інтенсифікатори процесу пророщування солоду плазмохімічно активовані водні розчини [1-2]. Найбільш дієвим способом інтенсифікації проростання зерна є застосування біостимуляторів разом з інгібіторами. Вони прискорюють розпушення клітинних стінок ендосперму, сприяють накопиченню гіберилової кислоти, тим самим скорочуючи термін проростання і виробництва солоду [3].

Також існують інтенсифікатори, такі як продукти нанотехнології – нанопорошки з металів. Вони надають бактерицидну дію, крім того вони виступають в якості джерела мікроелементів. Крім вищезгаданих стимуляторів росту застосовують алкілові ефіри арахідонової, ейкозапентаєнової чи жасмінової кислот у присутності антиоксиданту [9-16].

Всі згадані вище способи інтенсифікації процесу солодоращення мають певні недоліки – висока вартість разом з недостатньо високою ефективністю, важкодоступні такі речовини, які б могли б задовольняти всі вимоги. До того ж значну увагу необхідно приділяти екологічності і безпечності використання цих речовин.

Для вирішення цих проблем є виробництво солоду із зерна з використанням біологічно-активних речовин, а саме соку зелених рослин. Отриманий солод у подальшому може бути використаний у виробництві продуктів харчування, алкогольних та безалкогольних напоїв, продуктах лікувально-профілактичного призначення [17].

*Мета роботи* – дослідження впливу біологічно-активного соку зелених рослин на процеси пророщування зерна.

*Завдання дослідження:*

1. Здійснити підбір концентрацій та дослідити вплив соку зелених рослин на перебіг проростання зерна і його якісні показники;
2. Дослідити залежність фізико-хімічних показників якості та виходу солоду від кількості зеленого соку люцерни.

*Матеріали і методи дослідження.* В процесі проведення дослідження, а саме пророщування зерна із зернових культур, в якості інтенсифікатору використовується сік зелених рослин, що передбачає замочування зерна водним розчином соку зелених рослин (люцерни) масовою часткою 10-100 мл на 1 л води.

Перед проведенням дослідження встановлювали відповідність якості зразків зерна, які відповідають вимогам чинної нормативно-технічної документації, тобто – органолептичні показники, натурну масу, зараженість мікроорганізмами і шкідниками хлібних запасів, вміст домішок, вологість – визначали згідно вимог ДСТУ 4138:2002; процес проростання зерна здійснювали згідно методики вказаного стандарту; борошністість солодових зерен визначали за ДСТУ 4282:2004.

Методика отримання соку з люцерни полягала в наступному: зрізавши зелену масу люцерни, у стадії бутонізації, подрібнювали на м'ясорубці з перфорованою решіткою і отримували і отримували пастоподібну кульку, яку віджимали на соковижималці типу центрифуга, яка розподіляла кульку на сік та віджимки. Сік, додатково відфільтровували від часток клітковини, в подальшому використовували в якості інтенсифікатору в різних концентраціях.

Для визначення ефективності даних стимуляторів росту на енергію і здатність проростання були сформовані наважки по 500 зерен в кожній. В якості рідини для замочування зерна були взяті водні розчини соку зелених рослин (люцерни), масовою часткою 10-100 мл на 1 л води.

Пророщували зерно в лабораторній солодовні, яка являє собою набір пластмасових ємностей, які вкриті шаром фільтрувального паперу та змочені водними розчинами кислот відповідної концентрації.

Зерновий матеріал обробляли водними розчинами соку зелених рослин (люцерни) наступним чином: підготовлений до пророщування зерновий матеріал замочують в водному розчині соку зелених рослин різної концентрації. Попереднє замочування здійснюють впродовж 4 годин за температури 18-20 °С. По завершенню цього часу розчин зливають, а зерно витримують 16 годин без доступу рідини. При повторному замочуванні використовують аналогічні розчин. Повітряно-водяне замочування проводять впродовж 24 годин до повного насичення зерна різних культур вологою. Пророщування здійснюють впродовж 3-7 діб при температурі 17-21 °С, періодично зволожуючи та зворушуючи шар зерна з метою рівномірного розподілу рідини і запобігання злежування маси. Завершальною стадією технологічного процесу є сушіння пророщеного матеріалу до сталої вологості в 3-6 %.

Через 72 години після закінчення замочування визначають енергію проростання зернового матеріалу, через 120 год – здатність проростання. Ці показники виражаються у % до загальної кількості зерен у наважці. Порівнювали ефективність впливу обраних інтенсифікаторів росту з контролем, в якості якого було зерно, яке не піддавалося жодній хімічній обробці. Після того, як завершилось сушіння солоду для визначення впливу біологічно-активного інтенсифікатору, соку зелених рослин (люцерни) на якісні показники солодового зерна, було досліджено зміну якісних показників солоду, яка наведена в табл.1. та порівняно здатність та енергію проростання контролю та дослідного зразка з інтенсифікатором (рис.1)

*Результати дослідження впливу інтенсифікаторів на якісні показники солоду.* Головними показниками якості солоду, які допоможуть встановити доцільність використання обраних

фруктових кислот є: енергія та здатність до проростання зернового матеріалу (табл. 1). Було обрано наступні концентрації соку зелених рослин: 10%, 25%, 50%, 75%, 100%.

Таблиця 1 – Залежність фізико-хімічних показників якості та виходу солоду від кількості зеленого соку люцерни, мл/л

№	Назва показників	Кількість внесеного соку люцерни в замочну воду, мл/л води					
		Контроль	10	25	50	75	100
1	Масова частка вологи (вологість), %	3,0	3,1	3,4	3,5	3,4	3,2
2	Масова частка екстракту в сухому залишку солоду тонкого помелу, %	78,8	79,5	79,8	80,1	79,9	79,8
3	Різниця масових часток екстрактів в сухому залишку солоду тонкого та грубого помелу	1,1	1,9	2,0	2,3	2,1	2,0
4	Час оцукрювання, хв	10	10	10	15	10	10
5	Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду концентрацією 0,1 моль% дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> води	0,33	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
6	Кислотність, см <sup>3</sup> розчину гідроксид натрію концентрацією 0,1 моль% дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> суслу	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6
7	Прозорість (візуально)	Прозоре					
8	Вихід готового солоду, а.с. %	92,0	93,5	94,1	95,6	95,1	94,7

Аналізуючи результати, представлені в табл. 1, можна зробити висновок, що різні концентрації зеленого соку люцерни діють неоднаково. Завдяки експериментальним дослідженням, було встановлено найкращі результати були при концентрації соку люцерни 50%. Даний розчин з концентрацією 0,5% підвищив якісні показники зерна. Таким чином, можна говорити про направлену дію соку зелених рослин на зерно різних культур в якості інтенсифікатора.

Дослідивши енергію та здатність до проростання контролю та дослідного зразка, в якому було використано сік люцерни, можна зробити висновок, що сік люцерни являється інтенсифікатором процесу солодрощення.

Це пояснюється активною дією біологічно-активного соку з люцерни на зерно, що призводить до більш активного зволоження зернівки і як результату - активації комплексу гідролітичних ферментів.

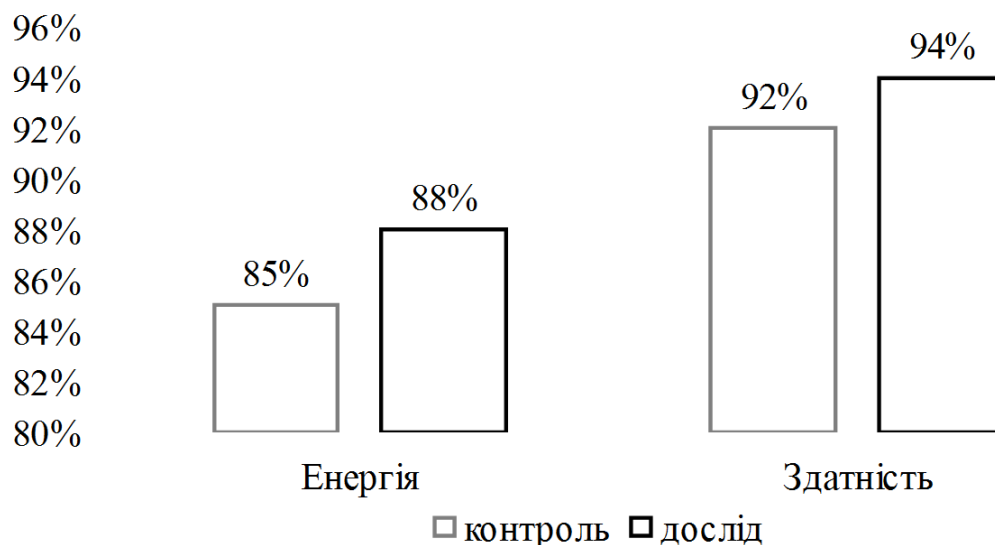


Рис. 1. Енергія та здатність проростання.

Основними перевагами пророщування зерна з додаванням водного розчину соку з люцерни наступні: сок люцерни містить флавоноїди, що володіють протигрибковими властивостями [18-19]. Він володіє високою ефективністю у боротьбі з пліснявою мікрофлорою і багатьма іншими патогенними мікроорганізмами, що є важливою характеристикою при пророщуванні зерна, оскільки патогенна мікрофлора, що присутня на поверхні зернової сировини викликає погіршення якості готового продукту, а іноді призводить до повного псування солоду. Таким чином, сік з люцерни виконує ряд функцій, що дозволяють удосконалити технологічні процеси виробництва солоду.

*Апробація результатів дослідження.* Усі дослідження були виконані на базі науково-виробничої лабораторії з визначення якості зерна та зернопродуктів Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Технологія одержання солоду з зерна злакових культур з використанням водних розчинів соку люцерни є екологічно безпечною і ефективною, тому дана технологія може бути впроваджена у виробництво.

*Висновки* про ефективність впливу соку зелених рослин на технологічний процесу виробництва солоду робили спираючись на зміну енергії та здатності проростання сировини при пророщуванні дослідних зразків порівняно з контролем, в якості якого обрано зерно, що пророщувалось по класичній технології без застосування активаторів. Крім того спостерігалось підвищення ферментативної активності солоду.

**Список використаних джерел**

1. Півоваров О. А., Ковальова О. С. Вплив плазмохімічно обробленої води на процес рощення житнього солоду і його якісні показники. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 3 (24). С. 82–86.
2. Півоваров О. А., Ковальова О. С. Дослідження адсорбційних властивостей зерна при використанні водних розчинів, оброблених контактною нерівноважною плазмою. *Вопросы химии и химической технологии*. 2011. № 5. С. 18–21.
3. Меледина Т. В., Прохорчик И. П., Кузнецова Л. И. Биохимические процессы при производстве солода: учебник. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, ИХиБТ, 2013. 89 с.
4. Guoping Z, Chengdao L. Genetics and Improvement of Barley Malt Quality. New York, 2010. 296 p.
5. Malting performance of normal huskless and acid-dehusked barley samples / R. C. Agu et al. *Journal of the Institute of Brewing*. 2002. Vol. 108, № 2. P. 215-220. DOI: 10.1002/j.2050-0416.2002.tb00543.x.
6. Хосни К. Р. Научные основы и технологии переработки зерна: учебник. Санкт-Петербург: Профессия, 2006. 336 с.
7. Sz wajgier D., Pielecki J., Targonski Z. Changes of free ferulic and coumaric acid contents during malting of barley grain. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2005. Vol. 55, № 4. P. 423–429.
8. Kitamura Y., Yumoto T., Yamada K., Noshiro A. The development of activated germination malting. *Germany: Monatsschrift für Brauwiss.* 1990. Vol. 43, № 11. P. 372–376.
9. Laior E. Applications of enzymes in the brewing process with particular emphasis in glucanases. *Cerev: sia*. 2000. Vol. 25, № 2. P. 46-56.
10. Lewis M. J., Young T. W. Malting technology: malt, specialized malts and non-malt adjuncts. *Brewing*. Boston: Aspen Publishers Inc. 2001. P. 163-190. DOI: 10.1007/978-1-4615-1801-3\_4.
11. The development of activated germination malting / Y. Kitamura et al. *Monatsschrift fuer Brauwissenschaft*. 1990. Vol. 43, № 11. P. 372–376.
12. Buiatti S., Passaghe P., Fontana M. I processios sidativi e l'attivita antiossidante nellafiliera del malto e della birra. *Birra e malto*. 2007. № 96. P. 33-34.
13. Киселева Т. Ф. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот. *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 1. С. 11–17.
14. Способ производства солода: пат. 2148627 РФ: МПК С12С 1/047 / О. И. Квасенков, В. А. Ломачинский, Э. С. Гореньков; № 99100140/13; заявл. 05.01.1999; опубл. 10.05.2000, Бюл. № 13.

15. Маслоброд С. Н. Влияние водных растворов дисперсных систем с наночастицами серебра и меди на прорастание семян. *Электронная обработка данных*. 2014. № 50(4). С. 103–112.

16. Maillard M. N., Soum M. H., Boivin P., Berset C. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. *Lebensm: Wiss Technol*, 1996. P. 238–244.

17. Спосіб виробництва солоду з використанням соку зелених рослин: пат. 145932 Україна; МПК (2021.01), C12C 1/00, C12C 1/02, C12C 1/027, C12C 1/047 / О. С. Ковальова, Ю. О. Чурсінов, Н. В. Головня, В. С. Кошулько. № у 2020 06003, заявл. 21.09.2020; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.

18. Особенности технологии получения коагулятов из сока люцерны / А. Г. Коцаев и др. *Научный журнал КубГАУ*. 2014. № 95. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/05.pdf> (дата звернення: 12.01.2021).

19. Чаплыгина И. А., Матюшев В. В. Технология и оборудование получения белково-витаминного коагулята из зеленого сока люцерны. *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 11. С. 138-142. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-138-142.

20. Спосіб виробництва біологічно активного компонента харчових продуктів: пат. 145839 Україна: МПК (2021.01), A23L 7/152, A01C 1/00, A12C 1/06 / О. С. Ковальова, Ю. О. Чурсінов, В. С. Калина. № у 2020 04532, заявл. 20.07.2020; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СОКУ ЗЕЛЕНИХ РОСЛИН НА ПРОЦЕСИ ПРОРОЩУВАННЯ ЗЕРНА

Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Головня Н. В.

### *Анотація*

Інтенсифікація та прискорення перебігу процесу солодощення приділяють дуже велику увагу, оскільки скорочення часу технологічного процесу дозволяє здешевити виробництво, а при науковому підході, ще й покращити якісні показники пророщеної зернової сировини. Особливої уваги приділяється біологічно-активними інтенсифікаторами, які допомагають прискорити процес пророщування та збагатити солод власними корисними елементами. В роботі по дослідженню інтенсифікації процесу пророщування зерна встановлено, що найбільш ефективним є використання водного розчину соку зелених рослин. Цей спосіб дозволяє отримати солод без додавання хімічних речовин по інноваційній технології заснованій на використанні біологічно-активного комплексу, яким є зелений сок люцерни та амаранту. Використання запропонованого інтенсифікатора дозволить покращити якість солоду, зробити технологію більш ефективною та екологічною.

**Ключові слова:** солод, солодощення, біологічно-активні добавки, зерновий матеріал, водний розчин, показники якості, сік з люцерни.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОКА ЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРОЦЕССЫ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА

Чурсинов Ю. А., Ковалева Е. С., Головня Н. В.

### *Аннотация*

Интенсификация и ускорение течения процесса солодовывращивания уделяют очень большое внимание, поскольку сокращение времени технологического процесса позволяет удешевить производство, а при научном подходе, еще и улучшить качественные показатели пророщенной зернового сырья. Особого внимания уделяется биологически активными интенсификаторами, которые помогают ускорить процесс проращивания и обогатить солод собственными полезными элементами. В работе по исследованию интенсификации процесса прорастания зерна установлено, что наиболее эффективным является использование водного раствора сока зеленых растений. Этот способ позволяет получить солод без добавления химических веществ по инновационной технологии основанной на использовании биологически активного комплекса, которым зеленый сок люцерны и амаранта. Использование предложенного интенсификатора позволит улучшить качество солода, сделать технологию более эффективной и экологической.

**Ключевые слова:** солод, солодовывращивания, биологически активные добавки, зерновой материал, водный раствор, показатели качества, сок с люцерны.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF GREEN PLANT JUICE ON GRAIN GERMINATION PROCESSES

Yu. Chursinov, O. Kovalova, N. Holovnia

### *Summary*

Much attention is paid to methods of intensification and acceleration of the malting process, as reducing the process time allows to increase productivity, thereby reducing the cost of finished products, and with the help of a scientific approach to improve the quality of germinated grain in raw materials. germination, and at the same time that the final product was environmentally friendly, without the addition of chemicals. Particular attention is paid to biologically active substances as intensifiers of the malt process, which accelerate the germination process and enrich the malt with its own useful elements. In the study of grain germination intensifiers, it was found that the most effective is the use of an aqueous solution of green plant juice, namely alfalfa and amaranth juice.

Obtaining juice from alfalfa and amaranth is as follows: cut the green mass of alfalfa in the budding stage, grind to a paste, which is then squeezed, then the juice is further filtered from fiber particles and use aqueous solutions of this juice as a process intensifier in various concentrations. part 10-100 ml per 1 liter of water. Samples of 500 grains each were formed to conduct an experiment to determine the effectiveness of these growth stimulants on energy and germination capacity, physicochemical quality indicators and malt yield.

The used method allows to obtain malt without the addition of chemicals by innovative technology based on the use of a biologically active complex - green juice of alfalfa and amaranth. The use of the proposed intensification of the malt growing process will improve the quality of malt, make the technology more efficient and environmentally friendly.

**Key words:** malt, malt cultivation, biologically active additives, grain material, aqueous solution, quality indicators, alfalfa juice.

**ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОЛІЗАТУ ВИННИХ ДРІЖДЖІВ**

Ковалевський К. А., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-0064-6963

Мамай О. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2591-8059

Валько М. І., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2390-426X

Кузьміна Т. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6113-1923

*Херсонський національний технічний університет*

Тел. (0552) 32-69-43

*Постановка проблеми.* В технології бродильних виробництв і виноробства при виготовленні білих і червоних виноматеріалів переробляють сировину рослинного походження: виноград, яблука та різноманітні ягоди. В процесі переробки такої сировини утворюються відходи, що в більшості випадків відправляють на звалища або реалізують як корми для худоби. До такої вторинної сировини виноробної промисловості відносяться продукти, що залишаються від грон винограду або плодово-ягідної сировини при їхній переробці на вино чи безалкогольну продукцію (гребені, вичавки, насіння, кісточки). Інша група відходів утворюється в процесі технологічної переробки сировини. До них відносяться осади дріжджові, осади винного каменю та інші осади, що одержані з вина, спирту або міцних напоїв (барда). Продукти, одержувані з вторинної сировини, називаються вторинними продуктами виноробства. Кількість вторинної сировини доходить до 20% від загальної кількості основної сировини, що переробляється [1, 2]. З відходів переробки винограду одержують вторинні продукти виноробства – етиловий спирт, винну кислоту, виноградну олію, енобарвники, корми для тварин, добрива тощо. При більш глибокій переробці вторинної сировини з неї можна одержати енантовий ефір (коньячна олія), танін, ферментні і вітамінні препарати, амінокислоти, дріжджові автолізати, кормові дріжджі тощо. Після пресування м'язги одержують сусло і велику кількість вичавків. З сухих вичавків, звільнених від насіння, одержують борошно, яке використовують у тваринництві, при виробництві хліба, виноградного пива. Заслуговує уваги технологія отримання екстрактів із гребенів та вичавків.

Відходи виноробної промисловості утворюються не лише в сезон переробки основної сировини (винограду, плодів та ягід), але і протягом усього року в процесі обробки вина, при його витримці, купажуванні тощо. Вторинною сировиною можуть слугувати гребені, насіння плодів, винограду, осади, вичавки. Всі вони є натуральними органічними продуктами, що можуть стати сировиною для

виготовлення корисних людині продуктів. Переробка відходів виробництва дозволить підприємствам здійснювати беззбиткову комплексну переробку вторинних ресурсів виноробства і отримувати нові та традиційні продукти, до складу яких входять тільки натуральні інгредієнти.

*Аналіз останніх досліджень.* Переробці вторинної сировини приділялася і приділяється у виноробних країнах світу велика увага. У колишньому СРСР були розроблені проекти малих цехів і цілих заводів з комплексної переробки вторинної сировини. Відомо, що такі спеціалізовані заводи були побудовані і успішно працювали в Молдові, а цехи з переробки вторинної сировини були майже на всіх заводах первинного виноробства. Національним інститутом винограду і вина «Магарач» спільно з машинобудівними заводами в 1996-2000 рр. розроблені установка для екстрагування виноградних вичавок продуктивністю 3-9 т/год (Ніжинський механічний завод) і відстійник для дріжджової барди місткістю 20 м<sup>3</sup> (Полтавський завод хімічного машинобудування) [3]. З використанням відпрацьованих винних дріжджів на заводах первинного виноробства у відповідності з правилами переробки винограду виготовляють спирт-сирець, а також виннокисле вапно з використанням осадів для приготування корму для тварин. Переробку осадів дріжджів на спеціалізованих заводах здійснюють на апаратах безперервної дії, а на малих підприємствах використовували кубові апарати, які останнім часом промисловістю не випускаються.

Винні дріжджі можна використовувати для отримання автолізу та ферментних препаратів. Дріжджові осадки багаті вітамінами. Особливо великий в них вміст вітаміну D, а також вітамінів групи B (тіаміну, рибофлавіну, нікотинової кислоти). Тому розробка та організація отримання вітамінних препаратів з винних дріжджів є доцільною. Отримання препаратів амінокислот з дріжджових осадків є дуже цінним для фармацевтичної промисловості [4].

Важливою тенденцією розвитку виноробства у останні роки є випуск більш натуральної екологічно безпечної продукції з високими харчовими, дієтичними та лікувально-профілактичними властивостями, а відходи у світовій практиці активно використовують для отримання фармпрепаратів широкого спектру дії [5].

Останнім часом зростає попит на харчові продукти, що містять біологічно активні добавки, основу яких становлять біологічно активні речовини. У зв'язку із цим виробники харчової продукції частіше застосовують у якості харчових добавок натуральні органічні продукти – дріжджові автолізати й екстракти. Відповідно до регламенту Європейської ради № 1334/2008 [6] дріжджовий екстракт як смакоароматична добавка може маркуватися терміном

«натуральний».

Розвиток виробництва харчових добавок привів до розробки нових технологічних процесів, у яких дріжджі використовуються як сировина для одержання різних продуктів, біологічно активних речовин; амінокислот, нуклеїнових компонентів, вітамінів тощо. Одержання цих унікальних природних речовин здійснюється як методами мікробіологічного й хімічного синтезу, так і вилученням їх ферментативним шляхом із дріжджів, автолізом – ферментативним гідролізом власними ферментами клітин. Дріжджовий автолізат має різні смакові відтінки й містить біологічно активні речовини: амінокислоти, пептиди, вітаміни й мінерали. При застосуванні в малих дозах дріжджовий автолізат має підсилюючий смаковий ефект [7]. Він підсилює смаки приправ і солоний смак, роблячи їжу з низьким вмістом солі настільки ж смачною, як і їжу зі звичайною кількістю солі. Як і винні дріжджі, дріжджовий екстракт багатий вітамінами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, ніацином, біотином, фолієвою і пантотеновою кислотою, тому він застосовується й у медичній дієті [8].

Вітамінно-амінокислотний автолізат застосовують при профілактиці та лікуванні авітамінозу особливо групи “В”; для поліпшення статусу здоров'я й зміцнення імунної системи, у якості профілактичного засобу проти різних інфекційних захворювань; він поліпшує травлення й засвоєння їжі, підвищує апетит, стимулює корисну кишкову пробіотичну мікрофлору.

Дріжджові екстракти в технології виробництва харчових продуктів широко застосовуються в розвинених країнах Європи, Америки, Японії, а їх частка на ринку харчових добавок і приправ досягає 35 % [9].

Руйнування клітин і пов'язане із цим процесом виділення клітинного соку, як правило, відбувається за допомогою автолізу. Власні ферменти дріжджів – протеази й гідролази гідролізують вміст клітин, у результаті чого ланцюжки білків розвертаються в пептиди й амінокислоти, ДНК і РНК у нуклеотиди. Крім автолізу руйнування клітин можна здійснити шляхом термолізу, при цьому дріжджові клітини нагріваються у воді, або шляхом плазмолізу з додаванням розчину солі й цукру. Автолізовані дріжджі – це концентрований, неекстрагований, частково розчинний гідролізат, одержуваний з харчових дріжджів. Солюбілізація здійснюється шляхом ферментативного гідролізу або автолізу дріжджових клітин. Термін «солюбілізація» запозичений з хімічної технології і означає перехід в розчин нерозчинних або малорозчинних речовин під дією поверхнево-активних добавок, що утворюють в розчині міцели. Якщо речовина полярна, наприклад вода, то таке колоїдне розчинення її у вуглеводнях відбувається в полярному ядрі міцел, утворюваних полярними функціональними групами. Автолізовані дріжджі містять

як розчинні, так і нерозчинні компоненти, отримані із цілої дріжджової клітини.

Відомі різні способи одержання дріжджового автолізу. Одним з найбільш прогресивних способів є проведення автолізу концентрованих життєздатних клітин осадових дріжджів при рН 4-7 і при температурі в діапазоні 30-70°C. Далі проводять відділення рідкої фази автолізу з наступним її концентруванням під вакуумом.

До недоліків відомих способів відносяться неповне збереження поживних речовин, що містяться в клітинах вихідної сировини, а також довготривалість процесу.

При концентруванні автолізу дріжджів, отриманого з-під виноградних виноматеріалів, до 40 – 50% сухих речовин (для кращого зберігання, зручності використання і транспортування) цінні речовини зберігаються. Проте, при зберіганні концентрату протягом 3-6 місяців спостерігається випадання осаду, що містить виннокислі сполуки, білкові речовини, а також вітаміни й амінокислоти. Таким чином, при зберіганні спостерігається втрата цінних біологічно-активних речовин. Для запобігання утворення осаду в готовому продукті проводились дослідження з очищення автолізу на ранніх етапах технологічного процесу.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи було дослідження технології переробки дріжджових осадів, з виробництвом натуральних харчових добавок – вітамінно-амінокислотного концентрату, а також дослідження його хімічного складу.

*Основна частина.* Об'єктом досліджень була технологія вторинних продуктів виноробства. Предмет дослідження – дріжджові осади, утворені в процесі виготовлення виноградних виноматеріалів. Дріжджі для лабораторних досліджень відбиралися з сухих виноматеріалів сортів винограду Аліготе, Ркацителі. Фізико-хімічні показники дріжджів і продукту автолізу визначались відповідно до загальноприйнятих у виноробній галузі методик [10]. Вміст сухих речовин визначали висушуванням і рефрактометричним способом, вміст спирту – методом відгону, з визначенням вмісту спирту в дистилаті ареометром, вміст винної кислоти колориметричним методом, титровану кислотність методом прямого титрування, відносну густину – пікнометричним, а також ареометричним методом, вітаміни групи В – спектрофотометричним способом, аміний азот – методом прямого формольного титрування, амінокислоти – хроматографічним методом, загальну золу – атомним емісійним спектральним методом.

Для проведення автолізу відбирали середню пробу дріжджів (таблиця 1) у кількості 40 л. Відібрану кількість дріжджів ділили на 2 частини і проводили автоліз у термостаті. Температуру поступово

підвищували до 48-50°C і при цій температурі проводили автоліз протягом 5 діб. Протягом доби дріжджі в ємності перемішували 2-3 рази. Через 5 діб температуру суміші підвищували до 60°C і автолізовані дріжджі витримували протягом 12 годин для інактивації ферментів, що містяться в дріжджах. Без інактивації ферментів відбувається руйнування біологічно активних речовин під впливом окисних ферментів. Після цього проводили екстракцію розчинених речовин з осаду дріжджів – амінокислот, вітамінів і мікроелементів. Досліджуванню піддавали рідину, відокремлену від осаду методом декантатції (декантат). Отриманий автолізат (I і II екстракт) піддавали різним способам обробки з метою очищення від колоїдно-диспергованих речовин і виннокислих сполук. Для видалення колоїдно-диспергованих речовин автолізат піддавали фільтрації і центрифугуванню. При охолодженні автолізат мутніє через зменшення розчинності колоїдно-диспергованих речовин.

Таблиця 1 – Показники якості дріжджових автолізатів

Показники	Вихідна сировина (дріжджі)	Декантат 1	Декантат 2	суміш
Об'єм проби, л	40	20	20	-
Дослідження 2019 року				
Кількість завислих частинок, %	36,1	1,0	1,3	1,1
Вміст сухих речовин, %	9,4	6,2	4,3	5,1
Вміст спирту, % об	5,8	4,2	1,1	3,2
Вміст винної кислоти, %	1,6	0,64	0,72	0,68
Дослідження 2020 року				
Кількість завислих частинок, %	37	1,6	1,8	1,65
Вміст сухих речовин, %	7,3	6,4	4,4	5,2
Вміст спирту, % об	7,2	5,8	1,6	4,2
Вміст винної кислоти, %	1,28	1,1	0,95	0,97

Для видалення виннокислих сполук автолізат піддавали концентруванню до 15 % сухих речовин і обробляли хлоридом кальцію з розрахунку видалення 70 % винної кислоти. Автолізат нагрівали до 50°C, після чого обробляли хлоридом кальцію. Внаслідок такої обробки вміст винної кислоти знижувався з 6,2 г/дм<sup>3</sup> до 1,8 г/дм<sup>3</sup> (сухих речовин – 9%). При осадженні виннокислого вапна частина сухих речовин випадає в осад. В ході експерименту вивчали зміни вмісту вітамінів у процесі очищення автолізату шляхом фільтрації й центрифугування (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вплив фільтрування і центрифугування автолізованої рідини на вміст вітамінів групи В

Зразок	Вміст вітамінів					
	В <sub>1</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	відхи- лення від вихід- ного, %	В <sub>6</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	відхи- лення від вихід- ного, %	В <sub>3</sub> мкг/дм <sup>3</sup>	відхи- лення від вихід- ного, %
Перший декантат без фільтрування	394,0	-	537,2	-	10,6	-
Другий декантат без фільтрування	347,9	-	498,1	-	9,4	-
Перший декантат після фільтрування	377,1	4,29	521,6	2,90	10,1	4,72
Другий декантат після фільтрування	334,7	3,79	468,7	5,91	9,0	4,25
Другий декантат після фільтр-картону	344,1	1,10	412,2	17,25	9,2	2,13
Суміш * 1 і 2 декантату			1282,9		31,62	

\* Суміш 1 і 2 декантату після осадження виннокислового вапна з Са(ОН)<sub>2</sub> після центрифугування і випаровування з 22 дм<sup>3</sup> до 6 дм<sup>3</sup>

Аналізуючи результати, представлені в таблиці 2, було встановлено, що основний вміст тіаміну, піридоксину та нікотинової кислоти в автолізованих рідинах зберігається в межах похибки. У випадку фільтрації II декантату за допомогою фільтр-картону спостерігаються втрати піридоксину до 17,25 %. На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що фільтрація, осадження, центрифугування практично не знижують вміст вітамінів. Після очищення від колоїдних і диспергованих речовин, а також виннокислих сполук, автолізат піддавали концентруванню до вмісту сухих речовин 40-50% при температурі 60°C і вакуумі 400 – 660 мм рт.ст. Фізико-хімічні показники концентрованого автолізату наведено в таблиці 3.

Для порівняння приведені результати аналізу зразків концентрату у різні роки. При цьому концентрат 2019 р. декантували з осаду (вміст сухих речовин 30% мас.) і концентрували до 50% сухих

речовин. Як видно з таблиці 3 по всім показникам концентрати, отримані в різні роки не дуже відрізняються один від одного.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники амінокисотно-вітамінного концентрату

Назва показників	Зразок концентрату з винних дріжджів 2019 р	Зразок концентрату з винних дріжджів 2020 р
Кількість сухих речовин, % визначених:		
- висушуванням	52,78	53,44
- рефрактометричним методом	54,0	53,8
pH концентрату	4,5	4,8
Титрована кислотність, г/дм <sup>3</sup>	6,2	7,18
Відносна густина, визначена:		
- пікнометричним, арбітражним методом	1,2342	1,2012
- ареометричним методом	1,222	1,198
Вміст винної кислоти, %	0,52	0,57
Зола загальна, %	3,85	3,64
Зола, нерозчинна у 10% HCl, %	0,13	0,11
Загальна лужність золи, мг-екв/100 г	28,9	16,1
Мінеральні елементи, %	2,82	2,95
Вітаміни групи В, г/дм <sup>3</sup> (В <sub>1</sub> , В <sub>3</sub> , В <sub>5</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>7</sub> , В <sub>8</sub> , В <sub>12</sub> )	5,934	4,877
Амінний азот, г/дм <sup>3</sup>	19,44	17,88
Амінокислоти, г/дм <sup>3</sup>	51,127	50,438

У таблиці 4 наведені результати аналізу амінокислотного складу. Як видно, основними амінокислотами є лізин, пролін, валін і лейцин. Результати досліджень з визначення вітамінів в концентратах представлено в таблиці 5.

Таблиця 4 – Кількість амінокислот в амінокисотно-вітамінному концентраті

Амінокислоти	Вміст амінокислот, г/дм <sup>3</sup>	
	зразок концентрату з винних дріжджів 2019 р	зразок концентрату з винних дріжджів 2020 р
1	2	3
Лізин	5,399	5,276

## Продовження таблиці 4

1	2	3
Гістидин	1,271	-
Аргінін	0,442	1,982
Аспарагін	2,519	1,934
Треонін	2,483	2,88
Серин	1,639	-
Глутамін	2,885	2,284
Пролін	6,925	8,018
Гліцин	2,821	2,398
Аланін	3,777	3,642
Валін	5,491	4,237
Метіонін	1,370	1,990
Ізолейцин	3,587	3,242
Лейцин	4,872	5,846
Тирозин	1,786	2,129
Фенілаланін	2,443	3,234
Разом	49,71	49,153

Таблиця 5 – Кількісний склад водорозчинних вітамінів групи В амінокислотно-вітамінного концентрату

Найменування вітаміну	Вміст вітамінів, мкг/дм <sup>3</sup>	
	зразок концентрату з винних дріжджів 2019 р	зразок концентрату з винних дріжджів 2020 р
	Тіамін (В <sub>1</sub> )	182
Нікотинова кислота (РР або В <sub>3</sub> )	208000	185500
Пантотенова кислота (В <sub>5</sub> )	18 000	15 500
Піридоксин (В <sub>6</sub> )	3800	187,7
Біотин Н (В <sub>7</sub> )	164,67	212,22
Інозитол (В <sub>8</sub> )	5440000	4950000
Ціанкобаламін (В <sub>12</sub> )	5,024	-
Разом	5670151,694	5151568,52

Найбільший вміст вітамінів припадає на інозит, нікотинову й пантотенову кислоти. Проте, навіть малий вміст тіаміну, біотину, ціанкобаламіну, а також піридоксину, як біологічно-активних сполук, впливає на процеси обміну живого організму. У клітинах дріжджів вітамін В<sub>12</sub> не міститься, але знайдені його сліди в автолізаті, що можна пояснити інфікуванням розвиненою мікрофлорою.

Фізико-хімічні показники автолізатів (таблиця 3) указують, що до складу готового продукту, окрім амінокислот і вітамінів, входять мінеральні елементи. Загальна зола характеризує мінеральну частину автолізатів. Високі показники по лужності золи показують, що на

луго-реагуючі складові її частин (Na, K, Ca, Mg) припадає більша частка. Ці результати підтверджені якісним спектральним аналізом на вміст макро- й мікроелементів (таблиця 6).

Таблиця 6 – Якісний спектр макро- і мікроелементів вітамінно-амінокислотного концентрату

Зразок	Вміст							
	Дуже багато	Багато	+++	++	<+	+	Сліди	–
Зразок концентрату з винних дріжджів 2019 р.	Na Ca K	Mg Fe	Sn	B Ni Cu		P Mo Mn V Ag Co Zn	Ti Al	Ba Cd Sb Hg As
Зразок концентрату з винних дріжджів 2020 р.	Na Ca K	Mg Fe		Cu	Mn Ni	Sn B P Ag	V Co Zn Al	Pb Mo Cd Sb Hg As Ba

З метою визначення вмісту макро- й мікроелементів в автолізаті проведений аналіз загальної золи атомним емісійним спектральним методом. Отримані результати (таблиця 6) показують, що автолізат містить Na, K, Ca, Mg і Fe, як макроелементи, а інші – як мікроелементи. Як видно з таблиці в автолізаті відсутні шкідливі елементи (Hg, As, Cd, Pb), що вказує на нешкідливість харчового продукту.

На підставі отриманих результатів по мікроелементах, можна судити й про цінність автолізату.

Оскільки, із усіх важких металів (таблиця 6) залізо міститься в найбільшій кількості в обох зразках автолізату, то умовно прийнято, що вся зола складається тільки з оксиду заліза ( $Fe_2O_3$ ).

Сума макро- і мікроелементів у перерахуванні на залізо (умовно) становить 2,69 % для автолізату 2019 року, і 2,54% для автолізату 2020 року.

*Висновки.* Результати проведених досліджень фізико-хімічних показників отриманих автолізатів вказують, що до складу готового продукту входять амінокислоти, вітаміни, мінеральні елементи й ін.

На підставі вищевикладеного хімічного аналізу автолізату й літературних даних можна зробити висновки, що амінокислотно-вітамінний концентрат досить перспективний як спеціальний лікувальний продукт харчування для певної категорії хворих. Концентрат містить основні незамінні амінокислоти в достатній кількості та має велику харчову цінність. Готовий продукт може бути використаний як добавка в харчових продуктах для збагачення їх амінокислотами, вітамінами, мінеральними речовинами.

Для перевірки результатів лабораторних досліджень планується проведення отримання концентрату автолізованих дріжджів та інших продуктів переробки вторинної сировини виноробства у виробничих умовах.

### Список використаних джерел

1. Переробка відходів виноробства / К. А. Ковалевський та ін. *Dynamics of the development of world science. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference.* Perfect Publishing. Vancouver, 2020. P. 565-570. URL: <http://sci-conf.com.ua>. (дата звернення 03.11.2020).

2. Крусір Г. В., Севастьянова О. В., Соколова І. Ф. Обґрунтування розробки кормової добавки з відходів виноробства. *Харчова наука і технологія.* 2014. № 1 (26). С. 73-78.

3. Справочник по виноделию / под ред. Г. Г. Валуйко. Симферополь: Таврия, 2005. 589 с.

4. Семенова О. І., Бублієнко Н. О., Похітенко І. Ю. Утилізація відходів виноробства. *Vedecky prumysl evropskeho kontinentu - 2013: матеріали ІХ Міжнар. наук-практ. конф., 27.11–5.12.2013.* Praha, 2013. Díl 29. С. 42–43.

5. Збаржевський О. В., Саєнко Т. В. Перспективи використання відходів виноробної галузі як джерела важливої вторинної сировини. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Сер. Екологія.* 2016. Вип. 1. С. 62-68.

6. Регламент ЕС № 1334/2008. International Center for Quality Certification. URL: <http://www.icqc.eu/userfiles/File/1334-2008-EC.pdf> (дата звернення 28.10.2020).

7. Vukašinović-Milić T., Rakin M., Šiler-Marinković S. Utilization of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for the production of yeast extract: effects of different enzymatic treatments on solid, protein and carbohydrate recovery. *Journal of the Serbian Chemical Society.* 2007. Vol. 72, № 5. P. 451-457.

8. Lebensmittel-Lexikon / W. Ternes, A. Täufel, L. Tunger, M. Zobel. Hamburg: Behr, 2005. 2134 p.

9. Nurture: Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cooking / R. Hosking (Ed.). London: Oxford Symposium, 2004. 319 p.

10. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОЛІЗАТУ ВИННИХ ДРІЖДЖІВ**

Ковалевський К. А., Мамай О. І., Валько М. І., Кузьміна Т. О.

### *Анотація*

В роботі показана можливість одержання амінокисотно-вітамінного концентрату з винних дріжджів та досліджено його хімічний склад. Встановлено, що технологічні операції фільтрації, осадження, центрифугування практично не знижують вміст вітамінів групи В в автолізованій рідині.

Основними амінокислотами амінокисотно-вітамінного концентрату є лизин, пролін, валін і лейцин. Найбільший вміст вітамінів припадає на інозит, нікотинову й пантотенову кислоти. Автолізат містить Na, K, Ca, Mg і Fe, як макроелементи, а інші – як мікроелементи. В автолізаті відсутні шкідливі елементи (Hg, As, Cd, Pb), що вказує на безпечність харчового продукту.

Концентрат містить основні незамінні амінокислоти в достатній кількості та має велику харчову цінність. Готовий продукт може бути використаний як добавка в харчових продуктах для збагачення їх амінокислотами, вітамінами, мінеральними речовинами.

**Ключові слова:** винні дріжджі, дріжджовий автолізат, концентрат, амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, харчова добавка.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЛИЗАТА ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ**

Ковалевский К. А., Мамай О. И., Валько Н. И., Кузьмина Т. А.

### *Аннотация*

В работе показана возможность получения аминокисотно-витаминного концентрата из винных дрожжей и исследован его химический состав. Установлено, что технологические операции фильтрации, осаждения, центрифугирования практически не снижают содержание витаминов группы В в автолизованной жидкости. Основными аминокислотами аминокисотно-витаминного концентрата являются лизин, пролин, валин и лейцин. Наибольшее содержание витаминов приходится на инозит, никотиновую и пантотеновую кислоты. Автолизат содержит Na, K, Ca, Mg и Fe, как макроэлементы, а другие – как микроэлементы. В автолизате отсутствуют вредные элементы (Hg, As, Cd, Pb), что указывает на безопасность пищевого продукта.

Концентрат содержит основные незаменимые аминокислоты в достаточном количестве и имеет большую пищевую ценность. Готовый продукт может быть использован в качестве добавки в пищевых продуктах для обогащения их аминокислотами, витаминами, минеральными веществами.

**Ключевые слова:** винные дрожжи, дрожжевой автолизат, концентрат, аминокислоты, витамины, минеральные вещества, пищевая добавка.

## RESEARCH OF WINE YEAST AUTOLYSATE

K. Kovalevsky, O. Mamai, N. Valko, T. Kuzmina

### *Summary*

In wineries, after fermentation of grape must, a significant amount of waste is formed in the form of sediment - wine yeast. The processing of production waste will allow companies to carry out a break-even comprehensive processing of secondary resources of winemaking and obtain new and traditional products, which include only natural ingredients.

The possibility of obtaining amino acid-vitamin concentrate from wine yeast is shown in the work and its chemical composition is investigated. It is established that technological operations of filtration, precipitation, centrifugation practically do not reduce the content of B vitamins in the autolyzed liquid.

In the obtained concentrates of different years, the physicochemical parameters do not differ significantly from each other. The main amino acids of the amino acid-vitamin concentrate are lysine, proline, valine and leucine. The highest content of vitamins is inositol, nicotinic and pantothenic acids. However, even a low content of thiamine, biotin, cyanocobalamin, as well as pyridoxine, as biologically active compounds, affects the metabolic processes of a living organism. The results show that the autolysate contains Na, K, Ca, Mg and Fe as macronutrients, and others – as micronutrients. The autolysate does not contain harmful elements (Hg, As, Cd, Pb), which indicates the safety of the food product.

Analysis of the chemical composition of the autolysate shows that the amino acid-vitamin concentrate is quite promising as a special therapeutic food for a certain category of patients. The concentrate contains essential amino acids in sufficient quantities and has great nutritional value. The finished product can be used as an additive in food products to enrich them with amino acids, vitamins, minerals.

**Key words:** wine yeast, yeast autolysate, concentrate, amino acids, vitamins, minerals, food additive.

УДК 642.5:339.13.024 DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-229-235

**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ КАВ'ЯРЕНЬ**

Гапріндашвілі Н. А., к.с-г.н.,

ORCID: 0000-0002-0671-6574

Карман Т. В., к.е.н.,

ORCID: 0000-0002-9313-554X

Прошин А. С., студент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 44-81-03

*Постановка проблеми.* Без проблем на ринку кави, як і на будь-якому іншому ринку, не можливий і розвиток індустрії кави. Здавалось би: які проблеми можуть виникати в кавовій культурі? Звичайний споживач не стикається з ними коли купує собі філіжанку ароматного напою, ну хіба що покупець зіштовхується із ціновою політикою в нашій країні. Але насправді є чимало проблем. Однією з них є висока вартість техніки, її обслуговування та проблематичність вибору якісної сировини .

*Аналіз останніх досліджень.* Для популярності кав'ярні серед відвідувачів необхідно враховувати наступні чинники: зручне розташування, прийнятні ціни, доступність високоякісного кавового зерна, високий професіоналізм баристів, широта асортименту, якість обслуговування, затишна атмосфера, чистота та наявність унікальних пропозицій. Серед факторів, які впливають на рішення вперше відвідати кав'ярню, важливими є думки і поради друзів, знайомих. Саме тому важливим є завоювання довіри відвідувачів. Крім того, важливе значення має і місце розташування кав'ярень, реклама.

Кава є досить різноманітним явищем, тому, щоб визначити сорт кавового дерева, необхідно розуміти її класифікацію. Класифікацію наведено на рис. 1. Кава має ботанічну класифікацію, згідно якої поділяється на Аравійську (Арабіка), Робусту, Ліберіку. Арабіка становить близько 2/3 світового виробництва і володіє тонким смаком [1,2].

Саме знайомство з многогранністю арабіки послужило поштовхом до створення класу «спешелті кави» та змусило багатьох людей змінити своє відношення до нього. Ще однією характеристикою є менша кількість кофеїну, ніж в робусті. Цифра становить біля 1.2-1.3%. Кава з робусти може бути смачною та володіти цікавими відтінками, але для цього циклу виробництва необхідне ретельна увага. Кількість кофеїну від 2.5 до 3 % [3].

Попит на каву в Україні є стабільним і практично не змінюється під впливом часу. Однак при цьому з кожним роком спостерігається

збільшення перерозподілу попиту споживачів на HoReCa (готелі, ресторани, кафе) з інших сегментів. Разом з цим розвивається культура споживання кави у відповідних закладах, в яких, як було зазначено вище, каву вживають частіше, ніж вживання дома. Це можна пояснити тим, що український ринок кави за останній час досить успішно розвивається за напрямками збуту HoReCa [1,3].

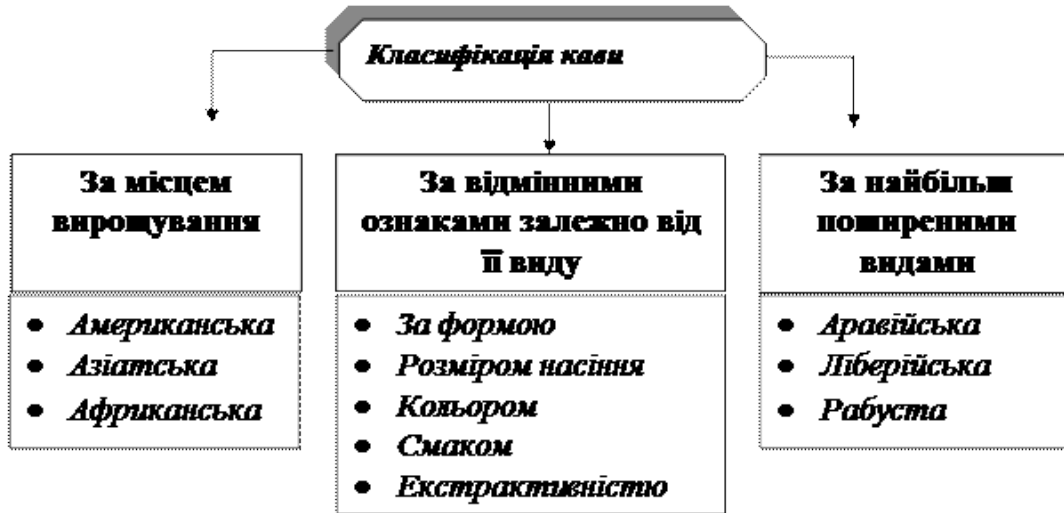


Рис.1. Класифікація кави.

Існує декілька «хвиль» розвитку кав'ярень. До «першої хвилі» кавові експерти відносять найперші кав'ярні, що з'явилися у США ще за часів золотої лихоманки. Саме золотошукачі стали головними клієнтами каліфорнійської компанії Folgers, що у своїй бізнес-моделі робила ставку на якість обслуговування та рекламу. Також винаходом часів «першої хвилі» стала розчинна кава. «Друга хвиля» кав'ярень сформувалася завдяки таким американським компаніям як Peet's Coffee & Tea та, звичайно ж, Starbucks. Ці заклади покращили якість напою, змінили технологію обсмаження кавових зернят та популяризували безпосередньо культуру проведення часу у кав'ярнях [4,5].

Глобальне переосмислення кав'ярні, як міського публічного закладу та культурного осередку, стимулювало появу кав'ярень «третьої хвилі». Коли говорять про заклади такого типу, в першу чергу, мають на увазі відношення до кави як до продукту зі своїм обличчям та характером. Йдеться й про максимально індивідуальний підхід до кожного клієнта. Характерним для сучасних кав'ярень є широкий асортимент кавових напоїв та наявність досвідченого баристи, який може з легкістю підібрати необхідні складові напою, з урахуванням побажань клієнта.

Кав'ярня «третьої хвилі» – це заклад, де завжди на першому місці висока якість продукту й розвиток самої культури споживання кави. Звичайно, важливою є і комерційна складова діяльності. Та саме на перших двох цінностях має будуватися подібний бізнес.

Головна відмінність «третьої хвилі» від попередніх – це, безпосередньо, підхід до справи. Тепер каву розглядають як продукт з яскраво вираженою індивідуальністю. Це вже не товар масового споживання. Простіше кажучи, до кави почали ставитися як до делікатесу [6].

*Формування цілей статті.* Вивчення тенденцій розвитку виробництва та споживання кави.

*Основна частина.*

Кав'ярні є одним з прибуткових напрямів бізнесу, але разом з тим дуже конкурентний. Основними споживачами кави в Україні є наступні сегменти:

– за статтю – чоловіки частіше вживають каву, ніж жінки. Це ж саме можна сказати про працюючих у порівнянні з непрацюючими.

– за віком – особи від 14–50 років. Частіше каву п'ють люди віком 26-45 років.

– за соціальним статусом – частіше відвідують кав'ярні люди з доходом вище 8 тис. грн. До того ж спостерігається ще одна залежність. Менша частка, що п'є каву, – це домогосподарки та пенсіонери.

– за доходом – чим дохід вище, тим вище ймовірність, що клієнт купить не тільки каву, але і випічку або кондитерські вироби до нього.

На українському ринку можна виділити декілька форматів кав'ярень:

– класичний формат кав'ярні (в меню - виключно кава і кілька десертів);

– кав'ярні з додатковим меню (більшість власників впевнені, що одної кави недостатньо, щоб бізнес приносив хороші прибутки. Тому підприємці зазвичай змушені розширювати меню закладів, додаючи холодні закуски, суші, піцу, пасту, салати, десерти, алкогольні та безалкогольні напої);

– кав'ярня на колесах (мобільна кав'ярня мало чим відрізняється від звичайної: широкий асортимент з кількох десятків сортів кави, приготування напоїв відповідно до класичних рецептів, досвідчений бариста, крім кави тут можна продавати дещо з випічки і кондитерських виробів) [6,7].

Вибір місця для вашої кав'ярні – дуже важливий і відповідальний крок, а в деяких випадках – ключовий. Перед тим, як орендувати приміщення в обраній місцевості, потрібно звернути увагу на потік клієнтів в конкретній місцевості, наскільки близько розташовується заклад до об'єктів інфраструктури (офіси, навчальні заклади), наявність конкурентів і багато іншого.

Кав'ярня – це об'єкт сфери послуг, а не торгівлі, тому рівень сервісу грає ключову роль в залученні відвідувачів і формуванні

клієнтської бази. Ви можете просто подавати клієнтам смачні гарячі напої. А можете істотно підняти сервіс, додавши в обслуговування посмішки, цікаві поради, побажання, приємні бонуси. Не важливий масштаб бізнесу – великий заклад в центральній частині міста або невелика затишна кав'ярня в спальному районі. Кожен відвідувач бажає отримати не тільки чашку кави, а й порцію позитивних емоцій. І якщо клієнта обслужать з посмішкою і проводять з побажанням хорошого дня, він зробить висновок про правильність свого вибору і обов'язково загляне до вас ще. А лояльні клієнти – це понад дві третини доходу бізнесу [2,7].

Основна відмінність кав'ярні від ресторану або кафе полягає в асортименті пропонованих страв. Меню кав'ярні на 60% складається з кавових напоїв, і може бути доповнено невеликою кількістю десертів і закусок. Наявність в меню повноцінних обідів кав'ярня не передбачає. Тому власну кухню обладнувати зовсім не обов'язково – можна обійтися договорами з найближчими кондитерськими про щоденну доставку свіжих десертів [7].

Проте є те, без чого кав'ярні не обійтися – це обладнання для приготування кави. Воно досить дороге, але на ньому економити не варто, адже від якості кавових машин багато в чому залежить смак напою.

Також необхідно великий обсяг різноманітного посуду – адже для різних напоїв потрібні різні види чашок, а крім цього, тарілки для десертів і столові прилади.

Ще дуже важливим кроком є вибір постачальника. Ключовим фактором вибору повинна бути аж ніяк не ціна. У сфері послуг немає місця напруженому пошуку стаканчиків на 3% дешевше або недорогої, але якісної кави. Орієнтуватись потрібно на зручність співпраці. Важлива і репутація постачальника – якість, дотримання термінів доставки та інші характеристики.

Для виживання та розвитку кав'ярням необхідно своєчасно моніторити зміни на ринку й відповідно адаптувати свою діяльність, уміння вчасно модифікувати асортимент продукції та послуг, вносити зміни в форми обслуговування, адаптувати збутову мережу, організаційну структуру та інше. За конкурентної ситуації на ринку, підприємства не повинні концентрувати увагу тільки на своєму внутрішньому стані, а й розробляти довгострокову стратегію для подальшого розвитку.

Ціна на каву постійно зростає. Більшість кави, яку можна побачити на українських прилавках - імпортна. Основна частина поставок здійснюється з Німеччини, Італії, Польщі, Австралії, В'єтнаму і Індії. За 2016 рік Україна імпортувала 29735 тонн кави, що на 20,5% більше, ніж у 2015 році. Імпорт здійснюється великими

мережами. За період з 1 січня 2017 року по 30 червня 2017 в Україну було імпортовано 12455 тонн кави на суму 41746 тис.доларів [8,9,10].

На ринок кави впливає і сезонність. Влітку попит на каву падає на 3-5%, а взимку попит підвищується на 30-40%, тому кав'ярні з метою стійкого розвитку мають розширювати свій асортимент послуг і товарів та адаптувати його з урахуванням впливу сезонності.

*Висновки.* Кав'ярні сьогодні – це заклади ресторанного господарства, де кава являється особливим продуктом і готується на якісно новому рівні з індивідуальним підходом до кожного клієнта. Заклади, що позиціонують себе як кав'ярні – стають невід'ємною частиною індустрії гостинності та потребують подальших наукових досліджень з приводу утримання конкурентних позицій на довгострокову перспективу.

### Список використаних джерел

1. Як відкрити кав'ярню? *Допомога бізнесу*. URL: <http://helpbizness.ru/vibir-galuzi-svogo-biznesu-bank-idej/yak-vidkritikavyarnyu.html> (дата звернення: 21.12.2020).
2. Огляд ринку кав'ярень. *Franchising – портал ідеї для бізнесу*. URL: <http://franchising.ua/stattya/1359/oglyad-rinku-kavyaren/> (дата звернення: 21.12.2020).
3. Гірняк Л. І., Глагола В. А. Сучасний стан, перспективи та тенденції розвитку ресторанного господарства в Україні. *Економіка та управління підприємствами*. 2018. № 16. С. 71-76.
4. Чан Т. С., Юдіна Н. В. Стан розвитку ринку кав'ярень в Україні. *Актуальні проблеми економіки та управління*. 2017. № 11. С. 3-11.
5. Архіпов В. В. Організація ресторанного господарства: навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 280 с.
6. Що таке «кав'ярня третьої хвилі»? URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2018/03/12/shho-take-kav-yarnya-tretoyiv-hvilividpovidayut-barista-ta-vlasniki-kiyivskih-zakladiv> (дата звернення: 20.12.2020).
7. Споживання кави дедалі частіше «перетікає» з домівок та офісів до кав'ярень. URL: <http://www.visnuk.com.ua/uk/news/33-spozhivannya-kavidedali-chastishe-peretikaye-z-domivok-ta-ofisiv-do-kavyaren> (дата звернення: 20.12.2020).
8. Через 2-3 роки 50% ресторанів вийдуть в онлайн. *Економічна правда*. URL: <http://www.epravda.com.ua/news/2016/06/6/595148/> (дата звернення: 19.12.2020).
9. Чумак О. В., Андрющенко І. С. Аналіз стану й оцінка тенденцій показників розвитку підприємств ресторанного господарства. *Бізнес Інформ*. 2014. № 12. С. 307-313.

10. Розвиток ринку кави в Україні: прогнози маркетологів. URL: <https://www.blackfest.show/blog/2018/10/05/razvitie-kofejnogo-rynka-v-ukraineprogyozy-marketologov> (дата звернення: 19.12.2020).

## ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ КАВ'ЯРЕНЬ

Гапріндашвілі Н. А., Карман Т. В., Прошин А. С.

### *Анотація*

У статті було наведено особливості роботи та стан ринку кав'ярень в Україні. Виділені основні формати кав'ярень, які є найбільш популярними в розвитку. Розглянуто вдаль місце розташування кав'ярень по частоті, традиції вживання кави та жвавих місцях у міста. Обґрунтований склад потенційних споживачів, вплив різних факторів на популярність кав'ярень серед відвідувачів та фактори щодо рішення споживача вперше відвідати кав'ярень. Розглянуто устаткування кав'ярень. Запропоновано спосіб щодо розвитку кав'ярень. Сформовані можливі ризики та можливості на ринку. Проведено оцінку рівня цін на сировину, яку використовують кав'ярні в Україні та рівня комунальних тарифів. Розглянуті основні імпортери кави в Україну. Був проаналізований споживчий попит.

**Ключові слова:** ринок кав'ярень, ринок України, кава, цільова аудиторія, особливості роботи, розвиток, ризик, рівень цін.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ КОФЕЕН

Гаприндашвили Н. А., Карман Т. В., Прошин А. С.

### *Аннотация*

В статье были приведены особенности работы и состояние рынка кофеен в Украине. Выделены основные форматы кофеен, которые являются наиболее популярными в развитии. Рассмотрены удачные места расположения кафе по частоте, традиции, употребления кофе и оживленности мест. Рассмотрены факторы, влияющие на популярность кафе среди посетителей и факторы по решению потребителя впервые посетить кафе. Рассмотрено оборудование кафе.

Предложен способ по развитию кофеен. Сформированы возможные риски и возможности на рынке города. Проведена оценка уровня цен на сырье, которое используют кофейни в Украине и уровень коммунальных тарифов. Рассмотрены основные импортеры кофе в Украину.

**Ключевые слова:** рынок кофеен, рынок Украины, кофе, целевая аудитория, особенности работы, развитие, риски, уровень цен.

## FEATURES OF THE ORGANIZATION OF WORK CAFFEINE

N. Gaprindashvili, T. Karman, A. Proshyn

### *Summary*

The article describes the features of work and the state of the coffee market in Ukraine. There are main formats of coffee houses that are the most popular in development. The article considers the successful locations of the cafe in terms of frequency, tradition, coffee consumption and busy places, various factors on the popularity of the cafe among visitors and factors for the consumer's decision to visit the cafe for the first time. Cafe equipment reviewed. A method for the development of coffee shops is proposed. Possible risks and opportunities on the city market have been

formed. The assessment of the level of prices for raw materials, which is used by coffee shops in Ukraine, and the level of utility tariffs. The main importers of coffee to Ukraine are considered.

A coffee shop is an object of service sector, not a retail one, so the level of service has a key role in attracting of new visitors and forming of the customers' base.

You can just serve delicious hot drinks to your customers.

Or you can significantly improve your service by adding smiles, interesting advices, wishes and pleasant bonuses to the service.

The scale of business is not important, whether it's a large establishment in the city center, or a small cozy coffee shop in a residential area. Every customer wants to get not only a cup of coffee, but also a portion of positive emotions

And if the client is served with a smile and is wished for a good day, he will conclude, that his choice is correct and will definitely come back to you again. By the way, loyal customers are more than two-thirds of the business income

**Key words:** market of coffee houses, Ukrainian market, coffee, target audience, peculiarities of work, development, risks, price level.

## ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

Кім Н. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1110-8522

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. (0512) 40-37-80

*Постановка проблеми.* На сьогодні Україна забезпечує близько 10% світового виробництва соняшнику, більше половини отриманої олії експортується за кордон. Серед основних споживачів олії вітчизняного виробництва є країни ЄС, СНГ, Азії, Близького Сходу, Іран та Китай. У структурі експорту продукції харчової промисловості України соняшникова олія займає близько 50 %, а її виробництво є одним з пріоритетних напрямів розвитку аграрного сектору економіки. Тому для України важливим є збереження конкурентної спроможності на ринку експорту соняшникової олії серед таких країн, як Росія та Аргентина, шляхом забезпечення високої її якості та безпеки.

Для забезпечення і підтримки високого рівня якості продукції переробних підприємств має бути єдиний підхід щодо оцінювання, тобто повинна бути єдина метрика, яку можна застосовувати на усіх стадіях виробництва продукції переробних підприємств. Одним з таких підходів є розгляд виробництва продукції на всіх етапах виготовлення, як єдиної технологічної системи, спрямованої на отримання високоякісної продукції. Типовий цикл виробництва продукції переробних підприємств включає всі етапи від переробки сировини до готової продукції. Кожен з цих етапів має свої показники якості, встановлені в нормативних документах різного рівня і періоду видання з різними одиницями вимірювання.

*Аналіз останніх досліджень.* Успішна діяльність будь-якого підприємства-товаровиробника оцінюється рівнем ефективності виробництва, а саме, ступенем задоволення потреб суспільства за найменших витрат з обох боків. Основним показником суспільних потреб є якість продукції, яку воно виробляє. Саме якість продукції в умовах конкуренції є головним стимулом привернення уваги споживача.

Розгляд проблем управління якістю продукції на підприємствах представлені в наукових працях М. І. Круглова [1], Е. Х. Шейн [2], Є. М. Купрякова [3], А. В. Глічева, М. І. Шаповала [4]. Т. В. Пилипенко, Л. П. Нілова, В. С. Мехтиев, Н. В. Науменко розглядали питання управління якістю рослинної олії [5]. Г. М. Тріщ займалася питанням

розробки методології оцінювання процесів систем управління якістю [9]. Р. М.Трищ, А. М. Денисенко впроваджували кваліметричні підходи до оцінювання якості [11].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є запропонувати використання методу оцінювання показників якості продукції на прикладі виробництва рослинної олії.

*Основна частина.* Сучасний підхід до стратегії підприємництва полягає в розумінні того, що якість є найбільш ефективним засобом задоволення вимог споживачів і одночасно зниження витрат виробництва. Наведемо деякі основні поняття, що входять в сучасну концепцію якості. Якість – це сукупність властивостей і характеристик продукції, які надають їй здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби. Якість продукції тісно пов'язана з споживною вартістю – здатністю товару задовольняти певні потреби. Вона характеризує міру споживчої вартості, ступінь її придатності і корисності, тобто кількісне задоволення суспільної потреби у продукції. Показник якості (продукції, процесу та ін.) – це кількісна характеристика однієї або декількох властивостей продукції, що входять до її якості, розглянута стосовно до певних умов її створення, експлуатації або споживання.

Кожна продукція володіє своєю номенклатурою показників, яка залежить від призначення продукції, умов її виробництва, експлуатації та багатьох інших факторів. Показник якості може виражатися в різних одиницях (наприклад, км/год, годин на відмову, одиницях виміру собівартості, габаритів та ін.), балах, а також бути безрозмірним. У вигляді технічних вимог показники входять до складу технічного завдання на продукцію, що розробляється та технічних умов.

Номенклатура показників остаточно формується на етапі проектування, бо тут вони закладаються в конструкцію. Далі, на етапі виробництва ці показники знаходять своє втілення. А на етапі експлуатації (споживання) показники стають індивідуальною характеристикою продукції, виділяють її з інших видів продукції, складають її споживчі властивості і, отже роблять привабливою і конкурентоспроможною.

Кількісні значення показників якості продукції визначаються такими групами методів:

– експериментальними – базуються на застосуванні технічних засобів і дозволяють оцінити якість продукції найбільш об'єктивно;

– органолептичними – засновані на аналізі сприйняття органів чуття – зору, нюху, слуху, дотику, смаку. Точність і достовірність такого аналізу залежать від кваліфікації, навичок і здатності осіб, що визначають якість цими методами. Вони широко застосовуються для визначення показників якості напоїв, кондитерських, тютюнових,

парфумерних та інших видів продукції. Для вираження показників, що визначаються такими методами, звичайно використовується бальний спосіб, тобто умовна система балів;

– соціологічними – на основі збору і аналізу думок фактичних або можливих споживачів;

– експертними – на основі рішень, що приймаються групою фахівців-експертів.

Відзначимо, що кількісними вимірами якості продукції займається напрям у науці – кваліметрія. При цьому це стосується не тільки продуктів праці, а й процесів їх виготовлення.

Кваліметрія ґрунтується на розгляді сукупності споживчих властивостей різного рівня; ранжованої і кількісної оцінки кожної властивості; визначенні комплексної кількісної оцінки якості. Кваліметрія розробляє методи визначення комплексних та інтегральних показників якості, приросту одиниці якості виробу на одиницю витрат. Узагальнений показник характеризується сукупністю всіх оцінювальних властивостей виробу. Наприклад, технічний стан пресового обладнання, який залежить від ряду показників, вибраних для його характеристики з врахуванням міжнародної практики. Якщо кожен окремий показник приведений у вигляді співвідношення фактичного значення і, нормативного, то узагальнений показник розраховується як середньомісячна, середньо-виражена величина [8].

Для визначення показника якості соняшникової олії застосовується розроблена методика оцінювання якості продукції. Вибір об'єкту оцінювання обґрунтовано тим, що до соняшникової олії пред'являються високі вимоги, як до продукту харчування. Крім того соняшникова олія з України експортується у великій кількості [5].

Результати аналізу вимог до якості соняшникової олії [6-7], що стосуються допустимих рівнів вмісту токсичних елементів представлено у таблиці 1. Також зазначено методи контролю кожного з токсичних елементів.

Таблиця 1 – Допустимі рівні вмісту токсичних елементів в олії соняшниковій

Назва токсичного елемента	Допустимі рівні, мг/кг Не більше ніж	Методи контролю згідно
Свинець	0,1	ДСТУ ISO 12193
Миш'як	0,1	ГОСТ 26930
Кадмій	0,05	ГОСТ 30178
Ртуть	0,05	ГОСТ 26927
Мідь	0,5	ДСТУ ISO 8294
Залізо	5,0	ДСТУ ISO 8294
Цинк	5,0	ГОСТ 30178

Окрім того, для підтвердження якості олії соняшникової необхідно визначити та охарактеризувати фізико-хімічні показники олії [7] (таблиця 2).

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники олії соняшникової

Назва показника якості	Характеристики показників олії соняшникової		
	Вищого гатунку	Першого гатунку	Другого гатунку
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	15	25	35
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	1,5	4,0	6,0
Пероксидне число, моль/кг, не більше ніж			
- під час випуску з підприємства	7,0	7,0	8,0
- наприкінці терміну зберігання	10,0	10,0	10,0
Масова частка фосфоровмісних речовин у перерахунку на стеароолеолецитин, %, не більше ніж	0,4	0,6	0,8
Масова частка нежирних домішок, %, не більше ніж	0,05	0,1	0,2
Масова частка вологи та летючих речовин, %, не більше ніж	0,2	0,2	0,3

З представлених таблиць видно, що олія соняшникова має ряд показників і вони мають різні розмірності, що ускладнює процес отримання єдиного узагальненого показника якості, тому необхідно перевести усі показники у безрозмірну шкалу а надалі отримати узагальнений показник якості олії доступним методом.

Аналізуючи табл. 1 та табл. 2 робимо висновок, що в таблицях наведено найважливіші показники якості соняшникової олії, що є обов'язковими і вказані у технологічному регламенті та державному стандарті України.

Для отримання узагальненого показника якості олії застосовуємо запропоновану методику. Отриманні дані представлені в таблиці 3., у якій вказано мінімально-допустиме значення одиничного показника якості, максимально-допустиме значення одиничного показника якості, оптимальне (бажане) значення одиничного показника якості, виміряне значення одиничного показника якості, параметр форми  $k$  та результат оцінювання, отриманий за формулою (1).

Таблиця 3 – Показники якості продукту «Олія соняшникова» у вигляді допустимих рівнів вмісту токсичних елементів

№	Показник якості	$q_{\max}$	$q_{\min}$	$q_{\text{опт}}$	$q_i$	$k$	$Q$
1	Свинець, мг/кг	0	0,1	0	0,04	1	0,94
2	Миш'як, мг/кг	0	0,1	0	0,03	0,8	0,69
3	Кадмій, мг/кг	0	0,05	0	0,02	1	0,78
4	Ртуть, мг/кг	0	0,05	0	0,01	0,8	0,87
5	Мідь, мг/кг	0	0,5	0	0,2	1,1	0,9
6	Залізо, мг/кг	0	5,0	0	2,5	1,2	0,78
7	Цинк, мг/кг	0	5,0	0	2	1,1	0,9

$$f(q) = \frac{1}{1 + ab^{-kq}}, \quad (1)$$

де  $a, b$  – коефіцієнти показників якості процесу;

$q$  – показник якості;

$k$  – параметр форми, який впливає на функцію, його застосовують для оцінки різних по значимості процесів з різними вимогами до якості [10-11].

Коефіцієнти  $a$  та  $b$  знаходяться як:

$$b = b_1^{\frac{1}{(q_{\min} - q_{\max})k}}, \quad (2)$$

де:

$$b_1 = \frac{(1 - q_{\max})q_{\min}}{(1 - q_{\min})q_{\max}}; \quad (3)$$

$q_{\min}$  та  $q_{\max}$  – мінімально-допустиме та максимально-допустиме значення одиничного показника якості.

Таким чином, після нормування, коефіцієнт  $a$  знаходиться як:

$$a = \frac{(1 - q_{\min})}{q_{\min}} b^{kq_{\min}}. \quad (4)$$

В зв'язку з тим, що у вимогах до допустимих рівнів вмісту токсичних елементів в олії соняшниковій (табл. 1) усі вимоги до показників якості вказані з приміткою «не більше», то найкращим значенням показника якості будемо вважати відсутність токсичного елементу. Тобто  $q_{\text{опт}} = 0$ . Відповідно максимально – допустиме значення показника якості  $q_{\max} = 0$ . Мінімально – допустиме значення показника якості – це те значення, яке вказане у вимогах до вмісту токсичних елементів (табл. 1).

*Висновки.* Таким чином застосовуючи запропоновану методику визначення узагальненого показника якості об'єкту кваліметрії (в

розглянутому випадку – виробництва соняшникової олії) можна зробити наступні висновки. Формулу для отримання оцінок якості можна вважати універсальною, так як вона враховує максимально допустиме та мінімально допустиме значення показника якості об'єкту та може застосовуватися як для оцінювання якості продукції, так і для оцінювання якості процесів та ін. Змінюючи параметр  $k$ , який застосовують для оцінки різних по значимості процесів з різними вимогами до якості дозволить збільшувати чи зменшувати вимоги до якості об'єктів. Така методика може застосовуватися для оцінювання якості об'єктів різної природи, серед яких продукція, технологічний процес, система, чи будь що, що підлягає оцінюванню.

### Список використаних джерел

1. Менеджмент систем качества / М. Г. Круглов и др. Москва: Изд-во стандартов, 1997. 368 с.
2. Шейн Э. Х. Организационная культура и лидерство. Санкт-Петербург: Питер, 2002. 336 с.
3. Купряков Е. М. Стандартизация и качество промышленной продукции. Москва: Высшая школа, 1991. 304 с.
4. Гличев А. В. Основы управления качеством продукции. Москва: АМИ, 1988. 354 с.
5. Актуальные вопросы управления качеством растительного масла / Т. В. Пилипенко и др. *Вестник ЮУрГУ. Сер. Экономика и менеджмент*. 2011. Вып. 19, № 28. С. 183-188.
6. ДСТУ 4492:2005. Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2007-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 26 с.
7. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Системи управління якістю. Вимоги. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України 2015. 72 с.
8. Катрич О. О. Розвиток кваліметричних методів оцінювання процесів систем управління якістю підприємств відповідно до вимог міжнародних стандартів: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.01.02. Харків, 2015. 28 с.
9. Тріщ Г. М. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.01.02. Харків, 2014. 23 с.
10. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series / R. Trisch, E. Gorbenko, N. Dotsenko, N. Kim, A. Kiporenko. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 4 (3). С. 18-24.
11. Кім Н. І., Денисенко А. М., Тріщ Р. М. Кваліметрический подход к оцениванию качества объектов различной природы

статистическими методами. *Системи управління, навігації та зв'язку* / ПНТУ. Полтава, 2017. Вип. 4 (44). С. 56 -59.

## ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

Кім Н. І.

### *Анотація*

Для забезпечення і підтримки високого рівня якості продукції переробних підприємств має бути єдиний підхід щодо оцінювання якості, який можна застосовувати на усіх стадіях виробництва продукції переробних підприємств. Цикл виробництва продукції переробних підприємств включає всі етапи від переробки сировини до готової продукції. Кожен з цих етапів має свої показники якості, встановлені в нормативних документах різного рівня і періоду отримання з різними одиницями вимірювання. В статті запропоновано використання методики оцінювання показників якості на прикладі виробництва рослинної олії. Вибір об'єкту оцінювання обґрунтовано тим, що до соняшникової олії пред'являються високі вимоги, як до продукту харчування. Також в даній статті представлені результати аналізу вимог до якості соняшникової олії, що стосуються допустимих рівнів вмісту токсичних елементів, приділено увагу методам контролю. В результаті проведених досліджень запропоновано використання методики оцінювання показників якості виробництва рослинної олії.

**Ключові слова:** оцінка якості, показник якості, кваліметрія, узагальнений показник, рослинна олія, фізико-хімічні показники олії.

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Ким Н. И.

### *Аннотация*

Для обеспечения и поддержания высокого уровня качества продукции перерабатывающих предприятий должен быть единый подход по оценке качества, который можно применять на всех стадиях производства продукции перерабатывающих предприятий. Цикл производства продукции перерабатывающих предприятий включает все этапы от переработки сырья до готовой продукции. Каждый из этих этапов имеет свои показатели качества, установленные в нормативных документах разного уровня и периода получения с различными единицами измерения. В статье предложено использование методики оценки показателей качества на примере производства растительного масла. Выбор объекта оценки обоснован тем, что к подсолнечному маслу предъявляются высокие требования, как к продукту питания. Также в данной статье представлены результаты анализа требований к качеству подсолнечного масла, касающиеся допустимых уровней содержания токсичных элементов, уделено внимание методам контроля. В результате проведенных исследований предложено использование методики оценки показателей качества производства растительного масла.

**Ключевые слова:** оценка качества, показатель качества, кваліметрія, обобщенный показатель, растительное масло, физико-химические показатели масла.

## EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF VEGETABLE OIL PRODUCTION

N. Kim

### *Summary*

The successful operation of any enterprise is assessed by the level of production efficiency, namely, the degree of satisfaction of the needs of society at the lowest cost on both sides. In order to ensure and maintain a high level of quality of products of processing enterprises, there should be a single approach to quality assessment, which can be applied at all stages of production of products of processing enterprises. One of such approaches is to consider the production of products at all stages of manufacture as a single technological system aimed at obtaining high quality products. The production cycle of processing enterprises includes all stages from processing of raw materials to finished products. Each of these stages has its own quality indicators set in regulations of different levels and periods of publication with different units of measurement. The article proposes the use of methods for assessing quality indicators on the example of sunflower oil production. The choice of the object of evaluation is justified by the fact that sunflower oil has high requirements as a food product. Also in this article represents the results of the analysis of the requirements for the quality of sunflower oil concerning the permissible levels of toxic elements, attention is paid to the methods of control of each of the toxic elements. In addition, the analysis and characterization of physical and chemical parameters of sunflower oil are presented. As a result of the conducted researches the use of a technique of an estimation of indicators of quality of manufacture of sunflower oil is offered. The formula for obtaining quality assessments is proposed, it takes into account the maximum and minimum allowable value of the quality indicator of the object and can be used both to assess product quality and the quality of processes, etc. Changing the parameter  $k$ , which is used to evaluate processes of different importance with different quality requirements, will increase or decrease the quality requirements of objects.

**Key words:** quality assessment, quality indicator, qualimetry, generalized indicator, sunflower oil, physical and chemical parameters of oil.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ВИНОРІБСТВА

Мамай О. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2591-8059

Ковалевський К. А., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-0064-6963

Валько М. І., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2390-426X

Кузьміна Т. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6113-1923

*Херсонський національний технічний університет*

Тел. (0552) 32-69-43

*Постановка проблеми.* За даними ВООЗ [1], здоров'я людини на 70% залежить від того, що вона їсть. Науково доведено, що нераціональне харчування суттєво впливає на тривалість життя людини та призводить до виникнення та розвитку цілої низки неінфекційних захворювань.

Нещодавнє дослідження харчових звичок в 195 країнах показало, що неповноцінне харчування – причина 20% передчасних смертей [1]. Це більше, ніж вбиває куріння.

Необхідно підтримувати в організмі вітамінно-мінеральний і енергетичний баланс. Їжа повинна постачати клітини вітамінами й мінеральними елементами, а також відшкодовувати добову потребу організму в корисних речовинах і енергії. Правильний збалансований раціон допомагає контролювати вагу та певною мірою запобігати гіпертензії, діабету 2 типу, серцево-судинним хворобам, остеоартриту (нормальна маса тіла – менше навантаження на суглоби), депресії, деменції, і деяких типів раку, та зменшує прояви ревматоїдного артриту, задовольняє наші потреби в макро- і мікронутрієнтах (амінокислотах, цукрах, жирах та вітамінах, мінералах, рослинних антиоксидантах).

Для оптимізації харчування як здорових, так і страждаючих різними недугами людей необхідні:

– корекція структури харчування (виключення окремих продуктів і блюд за рахунок введення в раціон інших, зміна режиму харчування);

– введення в раціон біологічно активних речовин у вигляді збагачених продуктів харчування, спеціалізованих продуктів, біологічно активних добавок до їжі.

Один зі способів поповнити свій раціон харчування необхідними для злагодженої роботи організму речовинами – це ввести в нього біологічно активні добавки до їжі (у США і Європі їх називають “дієтичні добавки”) [2].

*Аналіз останніх досліджень.* Біологічно активні добавки до їжі почали вперше широко використовуватися в Японії та США для заповнення дефіциту вітамінів, мінералів та інших корисних речовин з метою боротьби з аліментарно-залежними захворюваннями. До теперішнього часу стало очевидно, що це є одним з факторів високої тривалості життя в цих країнах.

На відміну від вітамінів, які продаються в аптеках, біологічно-активні добавки містять у собі тільки продукти натурального походження, які легко засвоюються в організмі людини і сприятливо впливають на його життєдіяльність [3].

Амінокислоти важливі для забезпечення різних видів обміну речовин в організмі, синтезу білка, формування морфологічної структури клітини, ентерального та парентерального харчування [3]. Дані речовини поряд з вітамінами є природними нанорозмірними структурами та відносяться до групи метаболічних препаратів. Вони мають високу фармакологічну активність, широкий спектр дії та мінімальний ризик розвитку побічних ефектів. Організм використовує їх для власного росту, відновлення, зміцнення й виробітку різних гормонів, антитіл і ферментів. Від них залежить відновлення фізичного та психічного тону, катаболізм, ліполіз підшкірного жиру та навіть інтелектуальна діяльність мозку.

Джерелом біологічно активних речовин: амінокислот, пептидів, вітамінів і мінералів є дріжджовий автолізат, який одержують з дріжджових осадів сухих виноматеріалів [4].

На кафедрі харчових технологій ХНТУ проведені дослідження хімічного складу вітамінно-амінокислотного концентрату, отриманого з автолізату винних дріжджів. У дослідженнях використовувався концентрат у рідкому вигляді. Для зручності використання доцільно було б отримати вітамінно-амінокислотні харчові добавки у висушеному вигляді.

Прогресивними методами консервування автолізату, як харчового продукту, що швидко псується, є методи сублимаційного зневоднювання його у вакуумі [5] і розпилювальне сушіння [6].

Консервованій автолізат у сухому вигляді має свої переваги: мала маса, повне збереження цінних вихідних компонентів, можливість зберігання без застосування холоду, скорочення витрат при транспортуванні цього продукту на великі відстані.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи було дослідження способів сушки дріжджового автолізату, а також дослідження хімічного складу та біологічної цінності отриманого продукту.

*Основна частина.* Дріжджі для лабораторних досліджень відбиралися з-під столових сухих виноматеріалів сортів винограду Ркацителі, Аліготе, Біанка.

Фізико-хімічні показники дріжджів і продукту автолізу визначалися за сучасними методиками [7]. Вміст сухих речовин визначали висушуванням і рефрактометрично, загальну кислотність – титрометрично, вміст винної кислоти – ацидиметричним методом, аміний азот – методом прямого формольного титрування, амінокислоти – хроматографічним методом. Вміст макро- і мікроелементів визначали атомно-адсорбційним методом на спектрофотометрі SOLAAR S.

Були підібрані та випробувані два методи сушіння: розпилювальний і сублімаційний на свіжому автолізаті, минаючи консервування у вакуум-випарній установці з метою повного збереження його харчової цінності (вітамінів, амінокислот) і рентабельності виробництва.

Розпилювальне сушіння автолізату проводилося в лабораторних умовах за режимом: на вході температура сушильного агента 150 – 160 °С, на виході з об'єму сушильної камери 60 – 65 °С, вологість повітря не вище 30%. Продуктивність лабораторної сушильної установки датської фірми "ANHYDRO" марки MS-35 складає 1 – 2 л за годину. Режим сублімаційного сушіння з температурою продукту (поверхні) +58 ÷ +60°C, тиску 0,3 – 1 мм. рт. ст. виявився жорстким для свіжого автолізату. Кращі результати по сублімаційному сушінню автолізату отримані при режимі сушіння: температура замерзання продукту –40°C, температура сублімації (середня) +20°C, залишковий тиск в установці 0,4 мм. рт. ст., максимальна температура продукту (поверхні) +50°C. Тривалість сушіння 13 годин при товщині шару 10 мм.

Отримані зразки сушеного автолізату являють собою дуже гігроскопічні порошки від світло до темно-коричневого кольору. Зберігання їх у пакетах з фольги в ексікаторі з хлористим кальцієм протягом більш півроку показало, що час і зовнішні фактори не виявили істотного впливу на хімічний склад автолізату.

На підставі попередніх досліджень і наявних літературних даних по харчовим продуктам [8, 9] хімічний склад автолізату, особливо вітамінів, мікроелементів, залежить від умов його виробництва і зберігання. Дані останніх років, що характеризують межі коливань складу залежно від цих умов мають повторюватись.

Для виявлення в автолізаті мікрокількостей багатьох елементів, що містяться в ньому, був необхідний метод, що володіє високою чутливістю та відтворюваністю. Таким надійним методом є атомно-абсорбційна спектроскопія [10]. При визначенні елементів заважає велика кількість органічних речовин. Найбільш придатним способом видалення органічних речовин є вологе озолення. Підготовка проби до дослідження мінерального складу сушеного автолізату

проводилась за допомогою мікрохвильової системи пробопідготовки MARS 5.

Проведені дослідження зі складу мінеральної частини сушеного автолізу найбільш досконаліми хіміко-спектральними методами, емісійною спектрографією та атомною спектроскопією, які дозволили в одній пробі без попереднього поділу визначити всі елементи, а в останньому методі – з високою точністю.

Роль мінеральних речовин у харчуванні до останнього часу була мало вивчена, і лише розвиток методів атомно-абсорбційної спектроскопії дозволив з'ясувати їхнє значення як фактора харчування. Досліди на тваринах показали, що виключення мінеральних речовин з корму тварин приводить до більш швидкої загибелі, чим повне голодування [11].

Представлені у таблицях 1 і 2 результати аналізу автолізу на вміст натрію, калію й відповідно кальцію, магнію, міді, цинку, марганцю й заліза отримані на атомно-абсорбційному спектрометрі SOLAAR S у полум'яному атомізаторі суміші ацетилен-повітря та ацетилен-закис азоту. В якості калібрувальних розчинів використовували Державний стандартний зразок відповідного елемента.

Атомно-абсорбційний метод є арбітражним по визначенню кальцію, калію, натрію, магнію, заліза, міді, цинку й марганцю [4, 10].

Таблиця 1 – Напівкількісний спектральний аналіз автолізу

Зразок автолізу	Метод сушіння	Найменування елементів				
		чутливість за миш'яком $< n \cdot 10^{-2}$ , %	$\leq n \cdot 10^{-5}$	$\leq n \cdot 10^{-4}$	$\leq n \cdot 10^{-3}$	$\leq n \cdot 10$
Лабораторний	Сублімаційне сушіння	Миш'як не виявлено	Cr, V,	Ti,	Mn,	Ca,
	Розпилювальне сушіння		Ag, Mo, Sn, Pb	Al, Cd, Ni, Zn	Fe, Cu Si	K, Na, Mg
Виробничий	Сублімаційне сушіння					

Принцип атомно-абсорбційної спектрофотометрії заснований на вимірюванні поглинання атомами досліджуваного елемента, випромінювання від стандартного джерела світла та обчислення відсотку абсорбції – відношення поглиненого світла до непоглиненого. У зв'язку з тим, що резонансна лінія в цьому випадку дуже вузька, імовірність перешкод від інших присутніх елементів значно знижена. Це дозволяє визначати ряд елементів в одній пробі без попереднього поділу.

Таблиця 2 – Атомно-абсорбційне визначення макро- і мікроелементів у сушеному автолізаті

Найменування елемента	Лабораторний зразок		Виробничий зразок
	сублімаційне сушіння	розпилювальне сушіння	сублімаційне сушіння
Вологість, %	-		-
Зола, %	16,03	17,07	20,71
Макроелементи, г/кг:			
кальцій	31,2585	33,2865	10,8727
калій	26,6900	28,5922	59,7483
магній	3,8472	3,8407	3,3136
натрій	1,3906	1,3656	1,9208
фосфор	0,1900	0,1700	0,7700
Мікроелементи, г/кг:			
цинк	0,06011	0,06401	0,12170
марганець	0,05110	0,05334	0,05177
мідь	0,03046	0,03499	0,03106
залізо	0,02084	0,01920	0,02382
Разом:	63,53881	67,42654	76,85275
Співвідношення кальцію до фосфору:			
	157:1	167:1	14:1

З таблиці 2 видно порівняльну картину вмісту всіх мінеральних елементів. Наявність багатьох мікро- і макроелементів указує на харчову цінність автолізату, оскільки їх біологічна роль у життєдіяльності організму величезна. Відсутність миш'яку, малий вміст свинцю, кадмію вказують на нешкідливість даного харчового продукту.

Зневоднювання при низьких температурах з використанням вакууму – надійний і дбайливий шлях збереження в первісному вигляді амінокислот, вітамінів та інших органічних компонентів в автолізаті. А, отже, на вміст мінеральної частини, відповідно, відводиться менша частка.

Серед макроелементів, що мають вирішальне значення, у повноцінному денному раціоні харчування є кальцій. Засвоєння кальцію в організмі залежить від кількості фосфору, жиру, щавлевої кислоти й фітину в денному раціоні [3]. Характер змін концентрацій кальцію й фосфору в крові за недостатності вітаміну D суттєво залежить не тільки від ступеня забезпеченості цим вітаміном, але також від вмісту кальцію й фосфору в раціоні особливо від їхнього співвідношення. Для характеристики забезпеченості організму вітаміном А та ступеня не порушення мінерального обміну

використовують оптимальні розрахункові коефіцієнти  $Ca : P \sim 1:1,5$ . У випадку досліджуваного харчового продукту (таблиця 2) спостерігається у всіх випадках більше порушення в співвідношеннях кальцію і фосфору. На підставі вищевикладеного, слід зробити висновки про необхідність удосконалення технології одержання сушеного автолізу – застосування пом'якшеної води, неповне осадження винної кислоти хлористим кальцієм.

З метою визначення біологічної цінності білкових речовин сухого автолізу виконані аналізи на вміст вільних амінокислот.

У таблиці 3 представлений кількісний вміст незамінних і замінних амінокислот, показники по кожній амінокислоті і СКОРі лімітуючих амінокислот.

Для визначення біологічної цінності білків сушеного автолізу застосовані методи амінокислотних шкал, засновані на використанні амінокислотного (хімічного) СКОРу [9]. Амінокислотний СКОР автолізу дозволив виявити так звані незамінні лімітуючі амінокислоти. Вищі показники виявилися у випадку сублімаційного сушіння, але за абсолютними значенням значно менше, наприклад, ніж у зерні та продуктах його переробки. Головною лімітуючою амінокислотою в обох способах сушіння є треонін.

Визначення лімітуючих амінокислот і ступеня їх нестачі полягає в порівнянні відсоткового вмісту амінокислот у досліджуваному білку (автолізат) і в такій же кількості білка (цільного курячого яйця), який повністю задовольняє потреби організму. Найбільша загальна кількість амінокислот (100,49 г/кг) отримана в зразку сублімаційного сушіння, що вказує на оптимальність цього методу консервування для автолізу.

Таблиця 3 – Амінокислотний склад сушеного лабораторного зразка автолізу

№ пп	Найменування амінокислот, г/кг	Сублімаційне сушіння	Розпилювальне сушіння
1	2	3	4
	Незамінні амінокислоти, в тому числі:	48,35	45,13
1	Валін	5,07	2,18
2	Ізолейцин	4,05	4,87
3	Лейцин	10,37	9,81
4	Лізин	18,52	16,79
5	Метіонін	3,48	4,37
6	Треонін	2,18	1,66
7	Фенілаланін	4,68	5,45
	Замінні амінокислоти, в тому числі:	52,14	45,73

## Продовження таблиці 3

1	2	3	4
8	Аланін	7,63	4,17
9	Аргінін	4,46	3,77
10	Аспарагінова кислота	3,20	3,63
11	Гістидин	сліди	1,48
12	Гліцин	3,45	3,78
13	Глутамінова кислота	41,05	3,34
14	Пролін	20,51	16,25
15	Серин	3,65	3,33
16	Тирозин	4,89	6,01
	Загальна кількість амінокислот, г/кг	100,49	90,86
	Лімітуюча амінокислота, СКОР, %	треонін – 5,45 валін – 10,15 ізолейцин – 10,12 фенілаланін + тирозин – 12,62 лейцин – 14,81 лізин - 33,67	треонін – 4,15 валін – 4,36 ізолейцин – 12,17 лейцин – 14,10 фенілаланін + тирозин – 19,10 лізин – 30,62

Відомо, що повноцінне засвоєння білка можливо лише при збалансованості його амінокислотного складу [3]. Для створення продуктів харчування зі збалансованим складом амінокислот необхідно мати точні дані про амінокислотний склад, пептидів, нуклеїнових кислот. Амінокислотний СКОР готує ґрунт для істотного розширення важливих показників хімічного складу харчового продукту, які будуть використані при оцінці ступеня харчової цінності автолізату.

У зведеній таблиці 4 наведені деякі фізико-хімічні показники, які дають можливість переконатися в харчовій цінності, нешкідливості автолізату, як нового харчового продукту. Найкращі показники отримані при сублімаційному сушінні лабораторного зразка, що дозволяє зробити висновок про нього, як про оптимальний метод сушіння.

Зміна технології переробки сировини, зокрема методу сушіння (таблиця 2), зміна сировини впливає на хімічний склад амінокислот, мінеральних елементів та інші показники.

Була використана можливість визначення пептидів у сушеному автолізаті спектрофотометричним методом за наявною методикою [8] визначення їх у харчових продуктах. Отримані результати – негативні.

Попередні дослідження по визначенню вітамінів групи В у сушеному автолізаті показали гарне збереження первісних біологічно активних речовин у зразку сублімаційного сушіння.

Таблиця 4 – Фізико-хімічні показники висушеного автолізу рiзними методами

№ пп	Найменування показників	Лабораторний зразок		Виробничий зразок
		розпилювальне сушіння	сублімаційне сушіння	сублімаційне сушіння
1	Смак і запах	кисло-гіркуватий із запахом горілого хліба		
2	Розчинність у воді	добре розчинний		
3	Відносна густина 5% розчину при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1,015	–	–
4	Активна кислотність (рН 5% розчину), не менш	3,25	–	–
5	Загальна кислотність, °	206,09	–	–
6	Винна кислота, %	1,2 1,8 <u>1,50</u>	1,74 1,1 <u>1,45</u>	8,84 8,40 <u>8,52</u>
7	Амінний азот, %	2,34 2,33 <u>2,33</u>	2,33 2,39 <u>2,36</u>	2,48 2,47 <u>2,47</u>
8	Амінокислоти, г/кг	100,49	90,86	–
9	Зола загальна, %	16,05 16,01 <u>16,03</u>	17,5 16,99 <u>17,07</u>	21,36 20,05 <u>20,71</u>
10	Макро- та мікроелементи, г/кг	63,5388	67,4265	76,8526
11	Вміст миш'яку	не виявлено		
12	Наявність цвілі	не допускається		

*Висновки.* Таким чином, проведені дослідження з хімічного складу автолізу, висушеного різними способами, дозволили встановити, що оптимальним методом консервування є сублімаційне сушіння, при якому вітаміни та амінокислоти повністю зберігаються.

Для розширення асортименту продукції, що випускається виноробними підприємствами, необхідна розробка технологій комплексної переробки вторинних продуктів виробництва – виноградних вичавків і осадів винних дріжджів.

#### Список використаних джерел

1. 2/3 усіх хвороб в Україні є наслідком неправильного харчування. URL: <https://moz.gov.ua/article/news/23-usih-hvorob-v-ukraini-e-naslidkom-nepravilnogo-harchuvannja> (дата звернення 28.01.2021).

2. Ekhard E., Ziegler L., Filer I. Present Knowledge in nutrition, ILSI Press, Washington D.C., 2006. 320 p.

3. Агаджанян Н. А., Смирнов В. М. Нормальная физиология: учебник. Москва: Медицинское информационное агентство, 2009. 520 с.
4. Vukašinović-Milić T., Rakin M., Šiler-Marinković S. Utilization of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for the production of yeast extract: effects of different enzymatic treatments on solid, protein and carbohydrate recovery. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2007. Vol. 72, № 5. P. 451-457. DOI: 10.2298/JSC0705451V.
5. Семенов Г. В., Краснова И. С. Сублимационная сушка пищевых продуктов. Москва: ДеЛи, 2018. 293 с.
6. Handbook of Industrial Drying. Fourth Edition. Edited by Arun S. Mujumdar CRC Press, 2014. 1348 p.
7. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.
8. McCance and Widdowson's The Composition of Foods: Seventh Summary Edition: Edition 7. British Nutrition Foundation 2015. 550 p.
9. Вітамінологія: підручник / С. А. Петров та ін.; за ред. С. А. Петрова. Одеса: БМВ, 2013. 227 с.
10. Robinson J. W., Frame E. S., Frame G. M. Undergraduate Instrumental Analysis. CRC Press, 2014. 1264 p.
11. Микроэлементы в питании человека: доклад комитета экспертов ВОЗ (Женева, 9-17 апреля 1973 г) / Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/92476> (дата звернення 04.01.2021).

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ВИНОРОБСТВА

Мамай О. І., Ковалевський К. А., Валько М. І., Кузьміна Т. О.

### Анотація

В роботі наводяться результати досліджень щодо сушки дріжджового автолізу, одержаного з винних дріжджів. Випробувано два методи сушіння: розпилювальний і сублимаційний. Встановлено, що оптимальним методом консервування є сублимаційне сушіння.

Проведено дослідження хімічного складу отриманого продукту. Наявність багатьох мінеральних елементів свідчить про харчову цінність автолізу. Амінокислотний СКОР автолізу дозволив виявити незамінні лімітуючі амінокислоти. Головною лімітуючою амінокислотою в обох способах сушіння є треонін.

Одержаний продукт має високу харчову цінність, містить мікро- і макроелементи, амінокислоти, вітаміни та може бути використаний як добавка для забезпечення повноцінного харчового раціону.

**Ключові слова:** винні дріжджі, автолізат, розпилювальне сушіння, сублимаційне сушіння, вітаміни, амінокислоти, мінеральні речовини.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ВИНОДЕЛИЯ

Мамай О. И., Ковалевский К. А., Валько Н. И., Кузьмина Т. А.

### *Аннотация*

В работе приводятся результаты исследований сушки дрожжевого автолизата, полученного из винных дрожжей. Испытаны два метода сушки: распылительный и сублимационный. Установлено, что оптимальным методом консервирования является сублимационная сушка.

Проведены исследования химического состава полученного продукта. Наличие многих минеральных элементов указывает на пищевую ценность автолизата. Аминокислотный СКОР автолизата позволил выявить незаменимые лимитирующие аминокислоты. Главной лимитирующей аминокислотой в обоих способах сушки является треонин.

Полученный продукт имеет высокую пищевую ценность, содержит микро- и макроэлементы, аминокислоты, витамины и может быть использован в качестве добавки для обеспечения полноценного пищевого рациона.

**Ключевые слова:** винные дрожжи, автолизат, распылительная сушка, сублимационная сушка, витамины, аминокислоты, минеральные вещества.

## RESEARCH OF THE OBTAINING METHODS AND CHEMICAL COMPOSITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE DIETARY SUPPLEMENTS FROM SECONDARY RAW WINEMAKING MATERIALS

O. Mamai, K. Kovalevsky, N. Valko, T. Kuzmina

### *Summary*

The paper presents the results of research on the drying of yeast autolysate obtained from wine yeast from table dry wine materials. Two drying methods were tested: spray and sublimation on fresh autolysate, bypassing canning in a vacuum evaporator in order to fully preserve its nutritional value.

The study of the chemical composition of the obtained product was carried out. The presence of many mineral elements (sodium, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, manganese, iron) indicates the nutritional value of autolysate, because their biological role in the life of the human organism is huge. The absence of arsenic, low content of lead, cadmium indicates the safety of this food product. The biological value of dry autolysate protein substances was installed by determining the content of free amino acids. The quantitative content of essential and non-essential amino acids, indicators for each amino acid and the coefficient of imbalance of the amino acid SCORES are presented. Amino acid SCORE of the autolysate allowed identify essential limiting amino acids. The main limiting amino acid in both drying methods is threonine.

Changes in the technology of processing raw materials, particularly the method of drying, changes in raw materials affect the chemical composition of amino acids, mineral elements and other indicators.

The given researches on chemical composition of the autolysate dried in various ways, allowed to establish that the optimum method of preservation is freeze-drying. The obtained product has a high nutritional value, contains micro- and macroelements, amino acids, vitamins and can be used as a supplement to ensure a complete diet. The absence of harmful elements indicates the safety of the finished product.

**Key words:** biologically active dietary supplements, wine yeast, autolysate, spray drying, freeze-drying, vitamins, amino acids, minerals.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ХАРЧУВАННЯ В РЕСТОРАНАХ СТЕЙК-ХАУС

Гапріндашвілі Н. А., к.с-г.н.,

ORCID: 0000-0002-0671-6574

Топорков Д. Я., студент

*Таврійській державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 44-81-03

*Постановка проблеми.* У чому полягає складність приготування стейка в умовах ресторанного закладу? У сучасних реаліях для приготування ідеального стейку потрібно враховувати якість сировини, тип обладнання та дотримання технологічного процесу. Проблематичність закупівлі сировини на просторах України для приготування стейків високої якості.

*Аналіз останніх досліджень.* Ринок ресторанного бізнесу України завжди був дуже динамічним і чутливим до макроекономічної ситуації в країні, яка в залежності від цього впливає на ресторанний бізнес. Незважаючи на кризу, щороку з'являються «нові гравці». Нові тренди в гастрономічних смаках споживачів, досить легка організація даного бізнесу і висока рентабельність - все це сприяє відкриттю нових ресторанів.

*Формулювання цілей статті.* Вивчення організації процесів приготування стейків з використанням новітніх технологій та устаткування.

*Основна частина.* Поява такого оригінального блюда як стейк, яке є гранично простою і вишуканим одночасно, має свою власну історію. Стейк-хаус спочатку був рестораном, головною спеціалізацією якого була пропозиція виключно м'ясних страв. Класичний стейк вважається американським винаходом і чи не єдиним цінним внеском США в світову кулінарію [1,2].

Правда більшості американців немає ніякого діла до свого внеску у світову кулінарію, вони просто їдять стейки протягом багатьох поколінь. Цілком природно, що така спадкоємність поступово перетворила стейк зі звичайного страви в частину американської культури. На перший погляд приготування стейка здається нітрохи не складним заняттям, але в цій справі є безліч нюансів.

Подорож стейка починається на фермі, де вирощують бички. Звичайно, ми можемо піти на ринок і вибрати відмінне м'ясо, приготувати з нього якісний стейк, але справа в тому, що завтра м'яса такої ж якості може не виявитися. І, звичайно, того що є не вистачить

на обсяги у межах ресторану [3,4].

Все починається з вибору м'яса. Найкраще для стейка з яловичини підійде товстий і тонкий край, який іще називають антрекотом чи биточним мясом. Головне, щоб воно було гарного червоного кольору з жировими прожилками. Жир є невід'ємною складовою смачного стейка.

Для стейка підходить далеко не кожна частина яловичини - це блюдо таке дороге саме тому, що для нього беруться кращі частини туші (лише 7% туші ідуть на приготування стейків). Причому в залежності від того, з якої частини туші береться м'ясо, готується певний стейк. Всього налічується близько 100 різних видів, але найпопулярніші – такі [4,5].

Рибай, або мрамуровий стейк (рис. 1). Для його приготування використовується шматок м'яса, який вирізається з підлопаткової частини туші і має велику кількість жирових прожилок, завдяки яким виглядає як мрамур. Чим більше в м'ясі цих жирових прошарків, тим краще.



Рис. 1. «Рибай».

Ті-бон (рис.2). Стейк називається так через кістку, що нагадує букву «Т».



Рис. 2. «Ті-бон».

Сама заготовка – це соковитий кусок м'яса на Т-образній кісточці, який вирізається на кордоні поперекової і спинної частини туші, в області сходження тонких країв найдовшого м'язу і вирізки [4,5]. Як правило, туша рубається таким чином, щоб м'ясо залишалось на кістці, і такі стейки продаються в магазинах вже в готовій нарізці.

Філе-мінйон (рис. 3). Для цього стейка вибирають середню (саму нижню) частину вирізки. Її нарізають у вигляді «пеньочка», зачищають всі прожилки і жили, а потім злегка відбивають, надаючи форму стейка. І відбивають не кухонним молотком, а рукояткою ножа або ребром долоні.



Рис. 3. «Філе-мінйон».

Важливим процесом для яловичини є дозрівання або, як кажуть, витримка м'яса. Вона буває сухою та вологою типу. При сухій витримці м'ясо шматками або напівтушами вивішують для дозрівання в холодильниках із спеціально заданим температурним режимом. А при вологій м'ясо поміщають в вакуумний пакет і зберігають від декількох днів до тижня. Якщо перший спосіб дозволяє отримати насичене ароматом і смаком м'ясо, то другий – більш соковите і ніжне [2,3].

А ще витримане м'ясо легше засвоюється людським організмом і містить стеаринову кислоту, яка знижує вміст холестерину в крові.

Мармуровість м'яса залежить від генетики, чим годували тварину, скільки воно отримувало клітковини і зерна. Також потрібно враховувати породу тварини. М'ясо для стейка – завжди продукт елітного тваринництва. Для отримання якісної страви підходить тільки м'ясо молодих бичків (від року до півтора років) певних порід. Кращими вважаються м'ясні породи Геріфорд і Ангус.

Якщо м'ясо заморожене, то тут теж є свої тонкощі. Розморозувати м'ясо в ідеалі слід в основному відділі холодильника. Там воно буде розморозуватися приблизно 1 добу. Якщо ж м'ясо потрібно розморозити швидко, то м'ясо розморозують у вакуумній

упаковці в холодній воді. При такому виді розморожування воно розморозиться за 1 годину. Не слід розморожувати м'ясо в мікрохвильовій печі. У процесі цього способу розморожування верхній шар стейку починає готуватися, в той час як у середині стейк залишиться льодяним [6].

Технологічний процес приготування. Оптимальна товщина стейка з яловичини від 2,5 см до 3,5 см, кращий варіант - 3 см. Винятком є лише стейк філе-мінйон, він може досягати 8 см в товщину. Основні інгредієнти для маринаду - рослинна олія, сіль, перець і набір спецій. Рослинна олія пом'якшує тонкі м'язові волокна, збільшує теплопровідність і рівномірно розподіляє тепло по поверхні стейка. Найкраще використовувати масло, яке може витримувати високі температури: оливкова або рапсова. Масло не дає стейку пристати до сковороди або решітки. Також можна використовувати спеціальні маринади на основі рослинної олії [7,8].

Ні в якому разі не варто відбивати стейк. Якщо його відбити, він втратить структуру м'язової тканини і при смаженні позбудеться всіх соків. Коли підготовка стейка завершилася, можна приступати до смаження. Потрібно зауважити що на відкритому вогні спеції на поверхні стейка можуть підгорати. Для цього можна замішувати їх з маслом, а потім втирати.

Обладнання для приготування стейків. Ідеально з цим упорається піч хоспер. Печі хоспер працюють за принципом системи регульованої тяги. Грилі-мангали хоспер - єдине на кухні сучасного ресторану рішення, що дозволяє одночасно використовувати переваги мангала і печі на деревному паливі. В якості палива в печах хоспер використовується чисте деревне вугілля або чисте вугілля рослинного походження. Завдяки унікальній конструкції хоспера м'ясо виходить надзвичайно смачним і ароматним, до того ж час приготування страв у хоспері дуже малий. В процесі приготування температура печі досягає 220-280 С, при цьому продукт як би «схоплюється скоринкою», одночасно піддаючись процесу копчення і обсмажування на грилі. При цьому соки залишаються в м'ясі [9,10].

Завдяки подібному поєднанню технологій дане кухонне обладнання має масу переваг:

- Висока продуктивність: можна готувати одночасно декілька сотень порцій;
- Безпечна конструкція, надійність і ергономічність: практично відсутній ризик обпектися або пересмажити, пересушити блюдо;
- Економія часу: в порівнянні з відкритим грилем, закритий вугільний гриль дозволяє значно мінімізувати тимчасові витрати на приготування, а також витратити на 40% менше деревного вугілля;
- Скорочення витрат на енергоносії: в роботі обладнання не використовуються газ або електроенергія;

– Гастрономічна різноманітність страв: за рахунок високої робочої температури можна як тушкувати, так і смажити, уникаючи при цьому переварювання продукту;

– Можливість вибрати ступінь прожарювання: на хоспер гриль-мангалі продукт покривається скоринкою зверху і досягає необхідного стану всередині, зберігаючи в собі весь сік;

– Зручність використання: жир і відходи горіння потрапляють в спеціальний герметичний накопичувач для сміття.

*Висновки.* На перший погляд стейк це дуже проста страва. Однак не кожний заклад може приготувати його смачно. Адже успіх ресторану стейк-хаус напряму залежить від своєї основи – стейку. Тому вибір сировини, технологія приготування та найбільш підходяще обладнання для приготування смачного, соковитого та ароматного стейку є основними та найважливішими запоруками успіху в організації харчування стейк-хаусу.

### Список використаних джерел

1. The Most Popular Steak Cuts Served in Restaurants. *Beef.org*. 2021. URL: <https://beef2live.com/story-popular-steak-cuts-served-restaurants-0-104005> (дата звернення: 14.02.2021).

2. Steakhouse Secrets Only the Experts Know. *Taylor Rock and Dan Myers*. 2020. URL: <https://www.thedailymeal.com/eat/steakhouse-secrets-gallery> (дата звернення: 14.02.2021).

3. Зубар Н. М., Григорак М. Ю. Логістика у ресторанному господарстві: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 312 с.

4. Know Your Beef: 5 Types of Steaks You Can Order at a Steakhouse. URL: <http://www.boaabudhabi.ae/what-to-order-steak-restaurant-abu-dhabi/> (дата звернення: 14.02.2021).

5. Что такое стейк-хаус? URL: <http://josper.biz/category/chto-takoe-steyk-haush.php> (дата звернення: 14.02.2021).

6. Касенін В., Ткаченко Т. Проблеми розвитку ресторанного господарства в Україні. Київ: Економіка України, 2011. С. 41–46.

7. Ресторанне господарство в сучасних умовах. Основні напрями розвитку. URL: [http://tourlib.net/books\\_ukr/arhipov1.htm](http://tourlib.net/books_ukr/arhipov1.htm) (дата звернення: 15.02.2021).

8. Литвиненко Т. К. Новітні технології обслуговування у сфері ресторанного бізнесу. Київ: КНТЕУ, 2011. 215 с.

9. «Займіться стейком с професіоналом»: история бренда GOODMAN. 2017. URL: <https://www.sostav.ru/publication/istoriya-brenda-goodman-26099.html> (дата звернення: 15.02.2021).

10. Організація обслуговування у підприємствах ресторанного господарства: підручник / А. А. Мазаракі та ін.; за ред. Н. О. П'ятницької. Київ: Центр учбової літератури, 2011. 584 с.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ХАРЧУВАННЯ В РЕСТОРАНАХ СТЕЙК-ХАУС

Гапріндашвілі Н. А., Топорков Д. Я.

### *Анотація*

У статті наведені основні особливості організації харчування в ресторанах стейк-хаус та найважливіші моменти вибору якісної сировини для приготування ідеальних стейків, які є основою успіху стейк-хаусу. Було проведено дослідження технологічного процесу та тонкощів приготування стейків. Розібрані головні моменти при виборі сировини, та подальші етапи експлуатації, такі як дозрівання, можливе розморожування та відбір м'яса різних порід бичків. Також затронуті популярні різновиди стейків, такі як «Рибай», «Ті-бон» та «Філе-міньон». Також вирішено використовувати гриль-печі хоспер на твердому паливі, так як ця система мінімізує витрати часу на приготування стейків, дарує стейку неповторний смак та аромат. Важливими факторами при виборі обладнання стали ефективність та безпека експлуатації печі хоспер, завдяки технології гасіння якої ризик спалаху мінімальний.

Завдяки подібному поєднанню технологій дане кухонне обладнання має масу переваг: висока продуктивність: можна готувати одночасно декілька сотень порцій; надійність і ергономічність: практично відсутній ризик обпектися або пересмажити, пересушити блюдо; економія часу: в порівнянні з відкритим грилем, закритий вугільний гриль дозволяє значно мінімізувати тимчасові витрати на приготування, а також витратити на 40% менше деревного вугілля.

Успіх ресторану стейк-хаус напряму залежить від своєї основи – стейку. Тому вибір сировини, технологія приготування та найбільш підходяще обладнання для приготування смачного, соковитого та ароматного стейку є основними та найважливішими запоруками успіху в організації харчування стейк-хаусу.

**Ключові слова:** стейк, хоспер, м'ясо, піч, дозрівання, розморожування.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ В РЕСТОРАНАХ СТЕЙК-ХАУС

Гаприндашвили Н. А., Топорков Д. Я.

### *Аннотация*

В статье приведены основные особенности организации питания в ресторанах стейк-хаус и важные моменты выбора качественного сырья для приготовления идеальных стейков, которые являются основой успеха стейк-хауса. Было проведено исследование технологического процесса и тонкостей приготовления стейков. Рассмотрены основные моменты при выборе сырья, и дальнейшие этапы эксплуатации, такие как созревание, возможное размораживание и отбор мяса разных пород бычков. Также затронуты популярные разновидности стейков, такие как «Рибай», «Ти-бон» и «Филе-миньон». Также решено использовать гриль-печи хоспер на твердом топливе, так как эта система минимизирует затраты времени на приготовление стейков, дарит стейку неповторимый вкус и аромат. Важными факторами при выборе оборудования стали эффективность и безопасность эксплуатации печи хоспер, благодаря технологии тушения которой риск возгорания минимален.

Благодаря подобному сочетанию технологий данное кухонное оборудование имеет массу преимуществ: высокая производительность: можно готовить одновременно несколько сотен порций; надежность и эргономичность: практически отсутствует риск обжечься или пережарить, пересушить блюдо; экономия времени: по сравнению с открытым грилем, закрытый угольный гриль

позволяет значительно минимизировать временные затраты на приготовление, а также тратить на 40% меньше древесного угля.

**Ключевые слова:** стейк, хоспер, мясо, печь, созревания, размораживания.

## CATERING IN THE RESTAURANT STEAKHOUSE

N. Gaprindashvili, D. Toporkov

### *Summary*

The article presents the main features of the organization of food in steakhouse restaurants and the most important points of choosing quality raw materials for the cooking of ideal steaks, which are the basis for the success of steakhouse. A study of the technological process and subtleties of steak cooking was conducted. The main points in the choice of raw materials, and subsequent stages of operation, such as maturation, possible thawing and selection of meat of different breeds of bulls were reviewed too. Also included are popular varieties of steaks such as «Ribay», «Ti-bon» and «Fillet mignon». It was also decided to use a hosper grill oven on solid fuel, as this system minimizes the time spent on cooking steaks and gives the steak a unique taste and aroma. Efficiency and safety of the Hosper oven has become an important factor in the choice of equipment. Thanks to the technology of extinguishing, the risk of outbreak is minimal.

Due to this combination of technologies, this kitchen equipment has a lot of advantages: high productivity: you can cook several hundred portions at a time; reliability and ergonomics: there is almost no risk of burns or overcook, overdry the dish; save time: compared to an open grill, a closed charcoal grill can significantly minimize the time required for cooking, as well as spend 40% less charcoal.

The success of a steakhouse restaurant directly depends on its basis - steak. Therefore, the choice of raw materials, cooking technology and the most suitable equipment for cooking delicious, juicy and fragrant steak are the main and most important keys to success in the organization of steak house food.

**Key words:** steak, hosper, meat, oven, ripening, thawing.

УДК 663.81:664.8.037.1 DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-261-270

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КРІОКОНЦЕТРОВАНИХ СОКІВ

Василишина О. В., к.с.-г.н.,

ORCID: 0000-0002-1066-4009

Чернега А. О., к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-4511-8331

*Уманський національний університет садівництва*

Тел. (097) 237-27-01

*Постановка проблеми.* Рівномірне споживання плодів і овочів свіжими та переробленими протягом року є однією з умов раціонального харчування. Враховуючи сезонність вирощування більшості видів плодів і овочів, особливого значення в структурі харчування набувають продукти їх перероблення, зокрема соки. Сік містить майже всі компоненти, характерні для свіжих плодів і овочів [1].

Використання концентратів отримало широке розповсюдження у всьому світі, що пов'язано зі скороченням витрат на зберігання та транспортування, з можливістю створення резерву на період та роки з низьким врожаєм та з вирівнюванням сезонності консервного виробництва.

*Аналіз останніх досліджень.* Технології, які на сьогодні застосовуються для виробництва концентрованого плодового пюре та соків не задовольняють попит на цей вид продукції. Відсутність якісних напівфабрикатів для виробництва пюре, соків з м'якоттю, нектарів, паст, соусів, наповнювачів для харчових продуктів та зростаючий попит споживачів на ці продукти, змушує вітчизняні консервні підприємства використовувати концентровані плодові пюре виробництва Китаю, Чилі, Ірану, ПАР та Греції [2-6].

Основою традиційної технології виробництва плодового пюре та соків є теплова обробка, вона сприяє отриманню якісного консервованого продукту і впливає на органолептичні показники консервів. Разом з тим дія тепла викликає небажані процеси перетворення хімічних компонентів сировини: гідроліз протопектину, що відображається на в'язкості готового продукту, окислення дубильних речовин і інших поліфенольних сполук з утворенням хінонів, аглюконів, а потім більш складних сполук, зокрема з амінокислотами, карамелізація цукрів, при відносно високих температурах їх плавлення, розпад аскорбінової і деяких інших органічних кислот, денатурація білків, клейстеризація крохмалю, спостерігається втрата мінеральних речовин, зменшується вміст вуглеводів [2, 3, 7, 8].

Температура і тривалість теплової обробки призводять до втрат нативних властивостей сировини [9]. Запропоновані технології [3, 10] замінюють теплову дію на сировину іншими видами обробки.

Дослідженням впливу обробки рослинної сировини при виготовленні харчових продуктів займаються як науково-дослідні установи, так і машинобудівельні фірми в Україні і, особливо, за кордоном. Закордонні фірми працюють на спеціальних лініях: Болгарія, лінія „Л14ПС”; Угорщина, лінія „ЛУ-3А”; Італія, фірма „Potimpiat”, “SIG MANZINI S.p.A.”; США, фірма “FMS”, “Rossi s Catelli” [9] і інші які працюють над зниженням темпу теплової обробки рослинної сировини з метою зниження втрат біологічно активних речовин, попередження процесу гідролізу протопектину.

З метою скорочення об’ємів зберігання плодкових напівфабрикатів, а також з метою отримання готового консервованого продукту протягом всього року на виробництвах використовують такий технологічний процес як концентрування. Сутність концентрування харчових продуктів полягає у підвищенні концентрації розчинних речовин за рахунок видалення вологи. Концентрування здійснюють наступними способами: випаровування, виморожування, ультрафільтрація (зворотний осмос), механічне концентрування – розділення на дві фракції (фракціонування) [2, 3, 11].

Харчові продукти, які концентрують, являють собою складну систему, в якій, окрім водних розчинів цукрів, органічних кислот, мінеральних солей і інших речовин, містяться нерозчинні частинки різного ступеня дисперсності.

Випаровування – найбільш розповсюджений спосіб концентрування [2, 3, 11].

Відомий спосіб концентрування пюреподібних і рідких харчових продуктів, який включає підігрів і випаровування вологи з підготовленої сировини шляхом пропускання через сировину змінного електричного струму за допомогою двох або чотирьох електродів, підключених до мережі [8, 11]. Однак недоліком цього способу є висока вартість та енергоємність процесу, низька продуктивність, періодичність, підвищена техніка безпеки при проведенні процесу концентрування.

Використання способів концентрування виморожуванням та зворотний осмос обмежене в’язкістю продукту та наявністю завислих частинок у протертій масі.

*Формулювання цілей статті.* Недоліки та переваги описаних вище методів концентрування фруктових соків в харчовій промисловості поставили питання вивчення інших технологій концентрування. Ці технології повинні задовольняти вимоги сучасної харчової промисловості. Тобто вони повинні: бути екологічними,

мати високу ефективність і низьке енергоспоживання, зберігати сенсорні і поживні якості, бути економічно ефективними і функціонувати відповідно до принципу апарату, а не за принципом машини. Кріоконцентрація – одна з таких перспективних технологій [12].

Запропоновано методику кріоконцентрації, в якій соки заморозували за допомогою непрямого контакту з охолоджуючим агентом. Склад і якість кріоконцентрованого соку оцінювали і порівнювали зі звичайним соком, та з отриманим тепловим випаровуванням.

*Основна частина.* Дослідження проводили на кафедрі технологій харчових продуктів Уманського національного університету садівництва протягом 2018-2019 рр.

Технологічний процес виробництва соків здійснювали за технологічною інструкцією. Підготовку сировини до вилучення соку з наступним його заморожуванням: сортування, миття, інспектування проводили відповідно до діючої технологічної інструкції [5].

Соки заморозували за наступними варіантами: сік заморожений (контроль 1); заморожений з додаванням аскорутину; концентрований сік (контроль 2); кріоконцентрований сік; кріоконцентрований сік з додаванням аскорутину.

Сік вишневий, з м'якоттю фільтрували (без пульпи) та готували сік методом кріоконцентрування. Отримання концентрованих соків було проведено за наступною процедурою (рис.1, 2): сік вводили в циліндричний контейнер і закладали в морозильну камеру з температурою повітря  $-20 \pm 0,5$  °С, відповідно для забезпечення заморожування водних розчинів соку. Процес охолодження був спрямований від стінки циліндра до центру продукту. У нього вставили термометр центр циліндра для запису кінцевої температури замороженого соку. Таким чином, було визначено кінець процесу заморожування від температури в центрі циліндра.

Процедуру відтавання проводили при кімнатній температурі за допомогою простого гравітаційного відтавання. Заморожені соки витримували при кімнатній температурі. Після розморожування сік концентрували на центрифугі для розділення двох фаз соку та вимороженої води. Таку ж процедуру повторювали на другому та третьому етапі кріоконцентрації.

В свіжих плодах вишні, виготовлених з них свіжих, заморожених та кріоконцентрованих соках під час проведення досліджень визначали показники: сухих розчинних речовин, загальний вміст цукрів, кислот, вміст дубильних і барвних речовин, аскорбінової кислоти та органолептичні показники готової продукції.

Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометричним методом за ГОСТ 28562-90 [13], цукрів – ціанідним методом [14],

аскорбінової кислоти – йодометричним методом за В. П. Плешковим [15], загальну кислотність – титруванням лугом за ГОСТ 25555.0-82 [16], дубильних і барвних речовин [14]. Дегустацію готової продукції проводили закритим способом. Математичну обробку отриманих результатів проводили за Б. А. Доспеховим на персональному комп'ютері за програмою Excel.

Як показали результати досліджень рис.1 вміст сухих розчинних речовин знизився в замороженому сокові незначно порівняно із свіжовіджатим на 2,1 %.

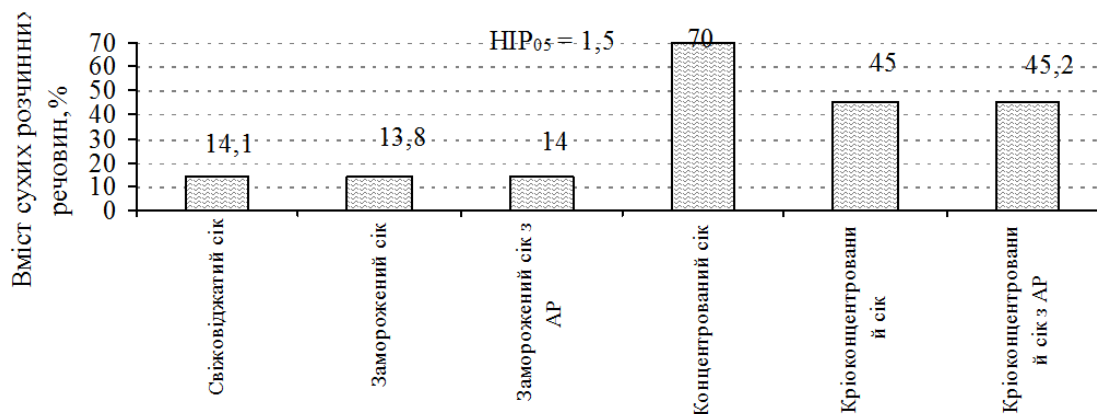


Рис. 1. Вміст сухих розчинних речовин в вишневому сокові за різних способів заморожування.

В концентрованому вишневому сокові вміст сухих розчинних речовин знаходився на рівні 70%. В кріоконцентрованому сокові за рахунок виморожування вологи вміст сухих розчинних речовин підвищився в 1,5 рази і складав 45%. Додавання перед заморожування аскорутину незначно вплинуло на збільшення вмісту сухих розчинних речовин в заморожених вишневих соках на 0,4%.

За даними літератури [17] на вміст загального цукру припадає 70-75% загальної кількості сухих розчинних речовин. За результатами досліджень (рис.2), їх вміст в плодах вишні коливався від 9,9 до 50,4% та залежав від технології виготовлення.

Найвищий за вмістом він в концентрованому сокові 50,4%. В сокові виготовленому шляхом кріоконцентрування вміст цукрів в 1,5 рази менший і знаходиться на рівні 32,4%, в такому ж сокові з додаванням аскорутину їх вміст дещо вищий 32,5%.

На відміну від концентрованих соків вміст цукрів в заморожених соках знаходився на рівні контролю – 9,9-10,8 %. Суттєвою є різниця в заморожених соках з додаванням аскорутину.

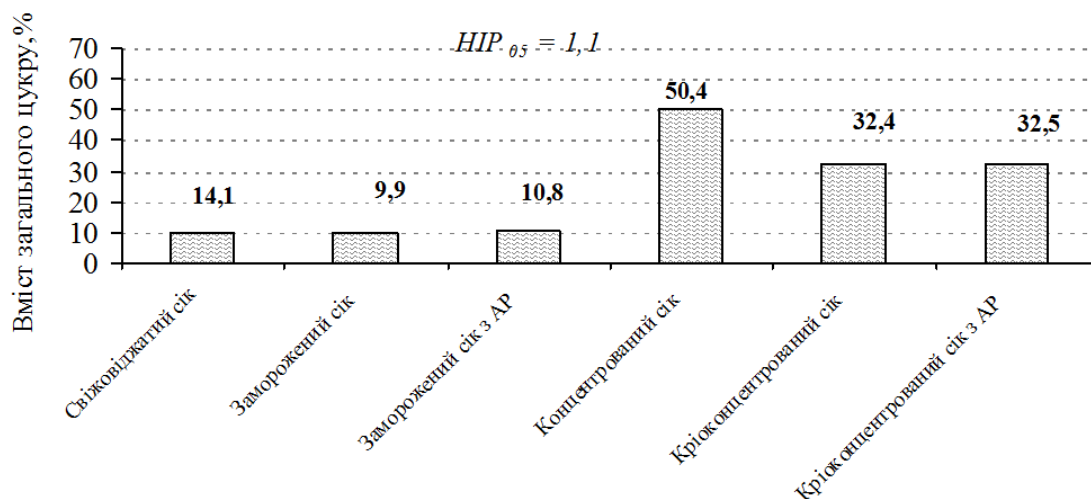


Рис. 2. Вміст загального цукру в вишневому сокові за різних способів заморожування.

Так як разом з цурками титровані кислоти зумовлюють смак плодів (рис. 3) їх вміст в соках знаходився на рівні 1,24-1,27%.

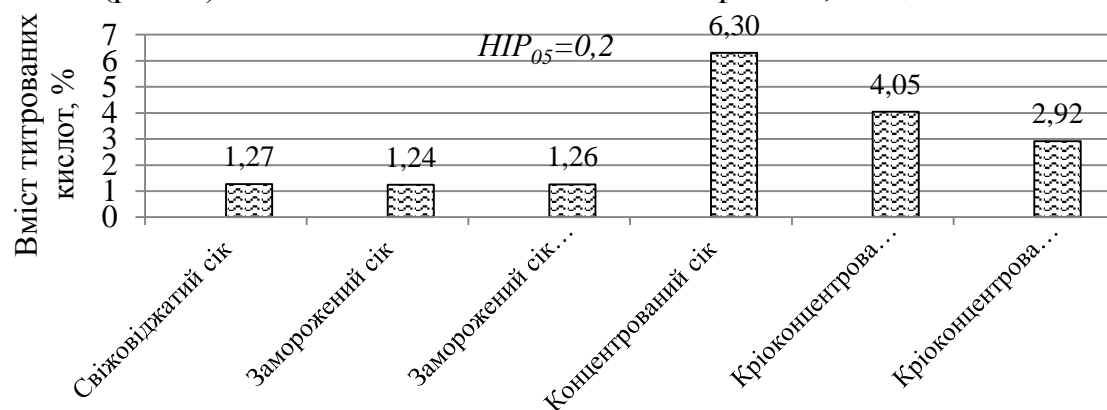


Рис. 3. Вміст титрованих кислот в вишневому сокові за різних способів заморожування.

В вишневих соках, отриманих шляхом концентрування кислотність вища в 2,3-4,9 раз і складає 2,92-6,3%. Так як вміст аскорбінової кислоти в комплексі з дубильними і барвними речовинами зумовлюють біологічну цінність продукції. Результати досліджень показують, що вміст аскорбінової кислоти в свіжовіджатому вишневому сокові складав 14,1 мг/100г (рис. 4).

Після заморожування соку його вміст знизився на 5%, порівняно із свіжовіджатим. В вишневому сокові, отриманому методом концентрування вміст аскорбінової кислоти знизився в 1,4 рази, що пов'язано з окисненням аскорбінової кислоти протягом заморожування. Додавання аскорутину позитивно вплинуло на вміст аскорбінової кислоти в заморожених соках її кількість підвищилась на

2,7 і 3 мг/100г та на 14,4 і 17% відносних відсотків порівняно із замороженим соком та кріоконцентрованим.

Оскільки крім аскорбінової кислоти біологічну цінність продукції зумовлюють дубильні і барвні речовини.

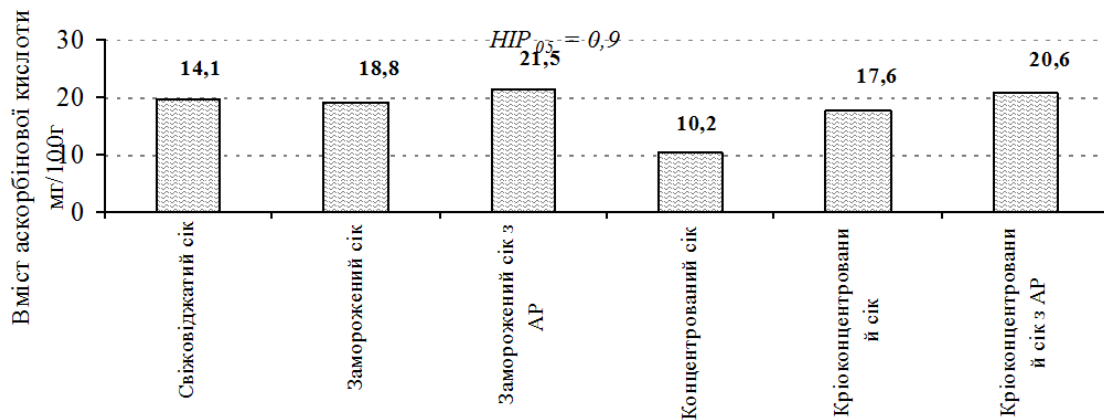


Рис. 4. Вміст аскорбінової кислоти в вишневому соку за різних способів заморожування.

В вишневих соках їх вміст відрізнявся та залежав від технології виробництва (рис. 5). Як видно з рисунка вміст дубильних і барвних речовин в свіжовіджатому соку був на рівні 0,86%. Свіжозаморожений сік за вмістом дубильних і барвних речовин не відрізнявся від контролю, а у свіжозамороженому соку з додаванням аскорутину вміст дубильних і барвних речовин на 7 % вищий, порівняно із свіжовіджгатим соком, що пов'язано з наявністю аскорутину як біологічного каталізатора соку.

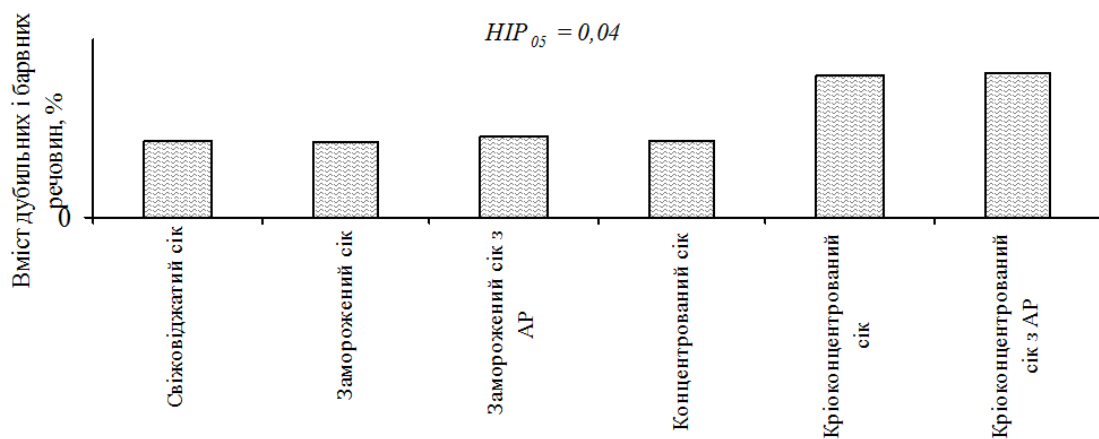


Рис. 5. Вміст дубильних і барвних речовин в вишневому соку за різних способів заморожування.

В концентрованому соку вміст дубильних і барвних речовин знаходився на рівні свіжовіджатого соку із вмістом 0,86%. В кріоконцентрованих соках вміст дубильних і барвних речовин вищий в 1,8 та 1,9 раз, що пов'язано з збереженням цих речовин в результаті активної технології виготовлення продукту. А в кріоконцентрованому

вишневому сокові ще й з додаванням аскорутину, що на кінцевих етапах технологічного процесу підвищує біологічну цінність продукту.

Протягом 2018–2019 рр. досліджень соки виготовлені за різними технологіями отримали відмінну загальну дегустаційну оцінку (24-30 балів). Досить суттєво поліпшився зовнішній вигляд, смак і аромат та колір дослідних соків.

Також як видно з рисунку 6 вишневі соки, порівняно з контролем, переважали за відмінним смаком і кольором, зовнішнім виглядом. Всі дослідні варіанти мали загальну оцінку – відмінно.

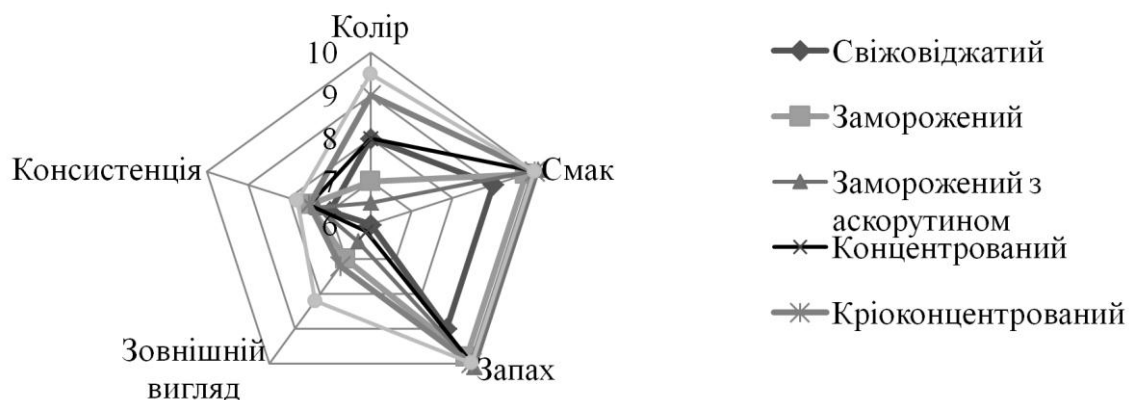


Рис. 6. Органолептична оцінка якості соків.

Найвище було оцінено (30 балів) кріоконцентрований сік з додаванням аскорутину, він мав колір, притаманний свіжим плодам вишні, приємний кисло-солодкий смак і відмінний аромат. Кріоконцентрований та концентрований соки відрізнялись за кольором а отже і зовнішнім виглядом і відповідно їх загальна оцінка складала 28 і 26 балів. Заморожені соки мали дещо нижчу дегустаційну оцінку порівняно з кріоконцентрованими соками і відрізнялись між собою за кольором та зовнішнім виглядом.

Отже, органолептична оцінка якості соків залежить від технології виготовлення. Найвищу дегустаційну оцінку отримали соки виготовленні шляхом кріоконцентрування, вони мали відмінний колір та зовнішній вигляд.

#### *Висновки.*

1. В вишневих соках, порівняно з концентрованим зміст сухих розчинних речовин та цукрів знизився в 1,5 рази.

2. Кислотність вишневих соків, отриманих шляхом концентрування в 2,3 рази вища.

3. Вміст аскорбінової кислоти в соках знаходився на рівні 14,1 мг/100г. В концентрованому вишневому сокові її вміст зменшився, порівняно із свіжовіджатим в 1,4 рази. В вишневому сокові, отриманому шляхом кріоконцентрування та з додаванням аскорутину вміст аскорбінової кислоти в 1,7 та 2 рази був вищим порівняно із концентрованим вишневим соком.

4. Вміст дубильних і барвних речовин в свіжовіджатому вишневому соку знаходився на рівні 0,86%. В кріоконцентрованих соках він перевищував свіжовіджятий сік в 1,8 та 1,9 раз.

5. Вишневі кріоконцентровані соки мають відмінну загальну дегустаційну оцінку (26–30 балів). Найвищу оцінку в 30 балів отримав вишневий сік кріоконцентрований з додаванням аскорутину.

6. Між вмістом дубильних і барвних речовин, аскорбінової кислоти та цукрово-кислотним індексом встановлено сильну кореляційну залежність з коефіцієнтами кореляції:  $r = 0,81$  та  $0,67$ .

### Список використаних джерел

1. ДСТУ 4283.1:2007. Консерви. Соки та сокові продукти. Ч. 1. Терміни та визначення понять. [Чинний від 2007–06–01]. Київ: Держспоживстандарт, 2007. 8 с.

2. Ковальская Л. П., Шуб И. С., Милькина Г. М. Технология пищевых производств. Москва: Колос, 1999. 752 с.

3. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки. Научные основы и технологии / пер. с нем.; под ред. А. Ю. Комсонова. Санкт-Петербург: Профессия, 2004. 640 с.

4. Касьянов Г. И., Ломачинский В. А., Самсонова А. Н. Технология продуктов для детского питания. Ростов-на-Дону: МарТ, 2001. 284 с.

5. Куницына М. Справочник технолога плодоовощного производства. Санкт-Петербург: ПрофиКС, 2001. 478 с.

6. Спосіб одержання пюреподібного продукту з фруктової сировини: пат. 7080 Україна: МПК А23L 3/015. № 2004 0706020; заяв. 20.07.04; опубл. 15.06.05, Бюл. № 6.

7. Кислухина О, Кодулас И. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. Каунас: Технология, 1997. 183 с.

8. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции / А. Ф. Загибалов и др. Москва: Агропромиздат, 1992. 352 с.

9. Гладушняк А. К. К вопросу тонкого измельчения растительного сырья. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2003. Вип. 25. С. 170-171.

10. Установка для первинної переробки рослинної сировини холодним способом: пат. 29406 Україна: МПК (2006): А47J 19/00. № u 2007 10673; заявл. 27.09.2007; публ. 10.01.2008, бюл. № 1.

11. Федоров Ф. О. Розробка устаткування для подрібнення рослинної сировини без попередньої теплової обробки. *Науково-технічне та технологічне забезпечення збільшення виробництва конкурентоспроможних продуктів для дитячого харчування: матеріали наук.-техн. конф.* Одеса, 1995. С. 150.

12. Aider M., Halleux D. Production of concentrated cherry and apricot juices by cryoconcentration technology. *Science and Technology*. 2008. Vol. 41. P. 1768-1775.

13. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. [Введен с 1991-07-01]. Москва: Изд.-во стандартов, 1990. 15 с.

14. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: навчальний посібник. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

15. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. [Введен с 1990-01-01]. Москва: Изд.-во стандартов, 1989. 11 с.

16. ГОСТ 25555.3-82. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности [Введен с 1983-01-01]. Москва: Изд.-во стандартов, 1983. 4 с.

17. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б. Л. Флауменбаум та ін. Одеса: Друк, 2006. 399 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КРІОКОНЦЕНТРОВАНИХ СОКІВ

Василишина О. В., Чернега А. О.

### *Анотація*

У статті показано удосконалення технології виготовлення кріоконцентрованого вишневого соку за якою соки заморожували із допомогою непрямого контакту з охолоджуючим агентом. За результатами досліджень встановлено, що в вишневих кріоконцентрованих соках вміст сухих розчинних речовин та цукрів, порівняно з концентрованим, знизився в 1,5 рази. Кислотність вишневих концентрованих соків в 2,3 рази вища. Вміст аскорбінової кислоти в соках знаходився на рівні 14,1 мг/100г, в концентрованому сокові її вміст знизився в 1,4 рази. В вишневому сокові, отриманому шляхом кріоконцентрування та з додаванням аскорутину кількість аскорбінової кислоти в 1,7 та 2 рази вища. Вміст дубильних і барвних речовин в свіжовіджатому сокові знаходився на рівні 0,86%, тоді як в кріоконцентрованих соках він вищий в 1,8 та 1,9 раз. Вишневі кріоконцентровані соки мають відмінну загальну дегустаційну оцінку (26-30 балів).

**Ключові слова:** кріоконцентрування, вишневий сік, заморожування, сухі розчинні речовини, аскорбінова кислота.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРИОКОНЦЕНТРОВАНИХ СОКОВ

Василишина А. В., Чернега А. О.

### *Аннотация*

В статье показано совершенствование технологии изготовления кріоконцентрованного вишневого сока по которой соки замораживали с помощью

непрямого контакта с охлаждающим агентом. По результатам исследований установлено, что в вишневых криоконцентрированных соках содержание сухих растворимых веществ и сахаров по сравнению с концентрированным, снизилось в 1,5 раза. Кислотность вишневых концентрированных соков в 2,3 раза выше. Содержание аскорбиновой кислоты в соках составляет 14,1 мг / 100г, тогда как в концентрированном соке ее содержание снизилось в 1,4 раза. В вишневом соке, полученном путем криоконцентрирования и с добавлением аскорбутина количество аскорбиновой кислоты в 1,7 и 2 раза выше. Содержание дубильных и красящих веществ в свежесжатом соке находился на уровне 0,86%, тогда как в криоконцентрированных соках выше в 1,8 и 1,9 раза. Вишневые криоконцентрированные соки имеют отличную общую дегустационную оценку (26-30 баллов).

**Ключевые слова:** криоконцентрирование, вишневый сок, замораживание, сухие растворимые вещества, аскорбиновая кислота.

## IMPROVEMENT OF CRYOCONCENTRIC JUICE PRODUCTION

O. Vasylyshyna, A. Chernega

### *Summary*

The article shows the improvement of the technology of production of cryoconcentrated cherry juice by which the juices were frozen by indirect contact with a cooling agent. The composition and quality of cryoconcentrated juice were evaluated and compared with ordinary juice, and with the obtained thermal evaporation. The research was conducted at the Department of Food Technology of Uman National University of Horticulture during 2018-2019. Preparation of raw materials for juice extraction with its subsequent freezing: sorting, washing, inspection in accordance with current technological instructions. Juices were frozen according to the following options: frozen juice (control 1); frozen with the addition of ascorbutin; concentrated juice (control 2); cryoconcentrated juice; cryoconcentrated juice with the addition of ascorbutin. According to the results of studies in cherry juices obtained by cryoconcentration, the content of dry soluble substances and sugars, compared with concentrated juice decreased by 1.5 times. The acidity of cherry juices concentrated is 2.3 times higher. The content of ascorbic acid in them was at the level of 14,1 mg / 100 g. The content of ascorbic acid in the concentrated juice decreased by 1.4 times compared to freshly squeezed juice. In cherry juice obtained by cryoconcentration and cryoconcentrated cherry juice with the addition of ascorbutin, its content was 1.7 and 2 times higher compared to concentrated juice. The content of tannins and dyes in freshly squeezed juice was at the level of 0.86%. In cryoconcentrated juices, it exceeded freshly squeezed 1.8 and 1.9 times. Cherry cryoconcentrated juices have an excellent overall tasting score (26-30 points).

**Key words:** cryoconcentration, cherry juice, freezing, dry soluble substances, ascorbic acid.

УДК [392.8:641.5](477.7) DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-271-279

## ІСТОРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПІВДЕННО-УКРАЇНСЬКОЇ КУХНІ ТА ВПЛИВ НА НЕЇ КУЛІНАРНИХ ТРАДИЦІЙ ЕТНІЧНИХ ПЕРЕСЕЛЕНЦІВ

Карман Т. В., к.е.н.,

ORCID: 0000-0002-9313-554X

Гапріндашвілі Н. А., к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-0671-6574

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (097) 229-32-68

*Постановка проблеми.* Становлення національної української кухні тісно пов'язано з процесами формування української нації. Багатівіковий процес створення українських кулінарних традицій обумовлений не лише історичним розвитком українського народу але й соціальними, культурними та природно-кліматичними умовами, в яких він перебував. Питанням становлення та розвитку національної та регіональної української кухні присвячено багато уваги. Але, на нашу думку, дослідженню розвитку кулінарних традицій регіональної південно-української кухні приділено не достатньо уваги.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженню процесів становлення та розвитку українських кулінарних традицій та кулінарних традицій південного регіону присвячені праці Н. Абольмас, Л. Артюх, В. Доцяк, Г. Дубовіс, С. Литвиненко, В. Ніколенко, А. Обозної, В. Смоляр, С. Шалимов та ін.

В. І. Смоляр вважає, що великою мірою українська кухня зберігає свої традиційні риси, цьому сприяють прихильність до певних страв, смаки, сформовані у певних соціально-побутових умовах. Запозичуються народною кухнею лише ті нові страви, які узгоджуються з традиційними смаками, часто трансформуючись. Прихильність до традиційної їжі в селах є більш помітною, ніж у містах, де менше дотримуються звичаїв [1].

На думку А. О. Обозної найбільший вплив на миколаївську кухню мали кулінарні традиції вірменського, польського, єврейського, болгарського та інших народів [2].

За історією Геродота, наші предки звали себе «бористенами», «наддніпрянцями». Їхня їжа була простою, грубою, але ситною. Існує думка, що саме сусідство зі скіфами-орачами зумовило, так би мовити, «еволюцію» від звичних на той час прісних коржиків до повноцінного хлібу з використанням дріжджів [3].

*Формування цілей статті.* Метою статті є вивчення регіональних південно-українських кулінарних традицій та

визначення впливу на розвиток південно-української кухні кулінарних традицій країн з прилеглих територій.

*Основна частина.* Жодна людина не може існувати без їжі, вона насичує наш організм усіма необхідними, для його розвитку та функціонування, поживними речовинами. З давніх давен приготування їжі було дуже важливою справою, а з розвитком цивілізації перетворилося на справжнє мистецтво. На розвиток кулінарного мистецтва загалом та кулінарних традицій окремого соціуму великий вплив мали різноманітні фактори, серед яких, не лише економічний розвиток та спосіб життя народу, а й історичні процеси, геополітична ситуація, релігія, кліматичні умови та запозичення кулінарних традицій інших країн. Як розвиток держави не можливий без взаємодії з іншими державами, так і розвиток кулінарних традицій знаходиться під впливом всесвітніх кулінарних традицій та новітніх технологій.

Українська кухня – це спадщина українського народу, як і українська мова, які формувалися багато віків, тому вона відбиває історичний та соціальний розвиток українського народу його звичаї та смаки. Археологічні розкопки підтверджують, що з давніх часів, завдяки географічним та кліматичним умовам, українське населення мало змогу харчуватися як рослинною, так і м'ясною їжею. Це сприяло появі великого різноманіття страв з високими смаковими та поживними властивостями.

Географічні умови та типи ґрунтів півдня України історично обумовлюють рослинне землеробство населення, ще з часів трипільської культури. В ці часи в південній частині країни переважно вирощували зернові культури – пшеницю, ячмінь і просо, пізніше, за часів стародавньої Русі, почалося вирощування жито.

В ці часи перше місце в українських кулінарних традиціях починає займати «кислий хліб» основою якого було житнє борошно. Житній хліб цінувався більше за інші страви і лише у другій половині ХІХ століття в жито почали домішувати муку інших видів (гречану, ячмінну, кукурудзяну, вівсяну). Крім продуктів переробки зерна в їжу вживали різні овочі: цибуля, часник, ріпа, буряк, капуста, огірки та ін. Помідори і картопля на території України з'явилися у ХVІІІ столітті і з того часу завойовують перше місце в раціоні населення [4].

Той факт, що рельєф південної частини країни – це рівнина, сприяв також розвитку тваринництва. До складу їжі входило м'ясо свійських тварин і птиці (свинини, телятина, баранина, курятина та ін.). За часів козацтва було розвинене мисливство та риболовля, тому в їжі було також м'ясо диких звірів (вепрі, зайці, дичини) та риба (короп, осетри, сом, щука).

Свійську худобу забивали двічі на рік перед Різдомом і на Пасху відповідно м'ясо частково готували свіжим, заморожували, інколи

солили, сало теж солили. Частина м'яса та сала, субпродукти і кров переробляли на ковбасу. Окрім м'яса також вживали молоко та молочні продукти. З молока виготовляли сир, бринзу, масло, сметану. Часто молоко квасили і робили ряжанку.

Запорізькими козаками було завезено гарбуз, кавун, кукурудзу, квасолю, це ще більше урізноманітнює кулінарні традиції та споживчі властивості раціону населення південної частини України та згодом поширюється на всю її територію. До цього часу в харчуванні переважали капуста, буряк, цибуля, часник, хрін, морква, гриби. Овочі як правило використовували в приготуванні страв таких як борщ, овочеві відвари, тушковані рагу, а також часто робили заготовки – квасили та солили.

Для приготування солодких страв використовували фрукти, які у великій кількості росли на родючих ґрунтах південної України. Це були яблука, груші, сливи, виноград, пізніше кавуни. Традиційно в південно-українській кухні фрукти, так само, як і овочі, засолювали та квасили, для подовження строку їх зберігання і збереження корисних властивостей. Традиційні страви урізноманітнюються із завезенням нових культур.

У XVIII столітті на Україні з'являється соняшник, з якого почали виробляти соняшникову олію, яка використовувалася для багатьох страв, та гірчиця для виробництва олії і приправи до м'ясних страв. Поява в Україні в XIX ст. цукрових буряків та виробництво з них цукру значно збагатили народну кухню. До цього часу населення України використовувало для приготування солодких страв і виробів з борошна в основному мед, оскільки тростинний цукор завозився з-за кордону, був дорогий і недоступний широким верствам населення. Буряковий же цукор був набагато дешевший і населення широко почало використовувати його для приготування різних страв та напоїв. Внаслідок цього розширився асортимент не тільки солодких страв і виробів з солодкого тіста, але й асортимент других борошняних і круп'яних страв з цукром. З'явилися в меню різні бабки, пудинги, солодкі каші. Значно розширився й асортимент напоїв. Почали приготувати різні наливки, варенухи та інші напої. [4].

Історичні події, що відбувалися на території України в процесі її розвитку сприяли значному розширенню національного складу населення, що, в свою чергу, значно вплинуло на смаки населення і формування національної кухні.

Південь України – багатонаціональний, згідно з останнім переписом населення 2001 року українці складають лише 70% населення, інші 30 % поділені між росіянами, білорусами, молдаванами, болгарами, вірменами, євреями та ін. народами.

Така багатонаціональність обумовлена колонізацією південної

України у 2 половині XVIII – початку XIX століття, чому активно сприяли певні законодавчі акти Катерини II. Імператорський маніфест 1762 року запрошував на переселення усіх бажаючих, але в законодавчих актах зазначалось, що вони мали бути хорошими землеробами, володіти навичками у вирощуванні винограду, у розведенні шовковичних дерев та інших корисних рослин, а також тямущими у тваринництві, особливо в утриманні кращих порід овець. Допускалися майстрові, особливо корисні в сільському побуті. Їм надавалися різного роду пільги [5].

Заселення території етнічними групами відбувалося з 1752 року, коли на землях Вольностей Війська Запорозького низового царським урядом були створені нові адміністративно-територіальні одиниці – Нова Сербія і Слов'яносербія. В ці часи, з Австрії, сюди переселилося кілька сотень сербів, угорців, болгар, волохів, греків [6].

Освоюючи нові місця, переселенці привносили свої традиції, з яких чимало було запозичено українською кухнею. Найбільшого впливу південно-українська кухня зазнала з боку кулінарних традицій болгарського, єврейського та білоруського народів. На сьогодні в південній частині України, за даними останнього перепису населення проживає 184 тис. болгар, майже 34 тис. євреїв та 71 тис. білорусів.

Переселенці відіграли велику роль не лише у формування кулінарних традицій південно-української кухні, а й розмаїття культурних традицій, торгівлі та навіть землеробства.

Для визначення істотності впливу кулінарних традицій національних меншин, необхідно більш детально розглянути кухні цих народів.

Для білоруської кухні характерні картопля, капуста, горох і морква. Картопля, вирощена в Білорусії, завжди була дуже смачною. Особливе місце надається картоплі, без якої важко уявити собі овочеві білоруські страви. Основними овочами для створення білоруської „приварки“ є капуста, бруква і морква, а в якості „присмаків“ – цибуля ріпчаста, часник, кріп, кмин, насіння коріандру. Особливістю застосування овочів у білоруській кухні є не широкий і особливий асортимент, а сам процес їх обробки. Наприклад, з однієї і тої ж картоплі в процесі різного дозування рідини, жирів і „присмаків“ білоруси навчилися дивувати світ.

Всупереч поширеній думці, що, мовляв, білоруська кухня - це тільки картопля і овочі, білоруські кулінарні традиції одні з найрізноманітніших традицій на континенті. Тут злилися слов'янські, балтійські та єврейські, а іноді й німецькі кулінарні традиції, а за часів соціалізму на білоруську землю прийшли рецептури всіх народів СРСР.

Головна відмінність білоруських страв від інших слов'янських традицій полягає в самому процесі обробки продуктів, часто самих по

собі досить простих. Зазвичай продукти піддаються досить складній і тривалій обробці, причому часто різними видами обробки (смаження, варіння, тушкування та ін.), які комбінуються один з одним.

Найбільш часто використовуються в білоруській кухні різні види борошна, в тому числі, крім зернових культур, вівсяна, гречана або горохова, які часто змішуються між собою. При цьому тісто тут зазвичай замішують без дріжджів (хоча останнім часом переважають саме дріжджові способи), а також додають в нього всілякі інгредієнти.

З овочів найбільш характерні картопля, горох та інші бобові, капуста, морква, а також всілякі гриби, причому останні тут тільки тушкують, варять або роблять з них грибний порошок.

Завезена, свого часу, картопля дуже добре «прижилася» в українській кухні. Сьогодні існує велика кількість традиційних українських страв з картоплею, серед яких борщ, юшка, вареники з картоплею, картопляники, зрази, деруни та ін.

Болгарська кухня дуже близька до кухонь інших країн Балканського півострову за набором продуктової сировини, переліком прянощів та приправ, які входять до складу низки страв. Багато страв болгарської кухні відзначаються гостротою та ароматом завдяки широкому застосуванню прянощів та приправ. Про Болгарію звичайно говорять як про овочеве царство. Окрім всього, Болгарія – батьківщина корисного і здорового продукту – йогурту. В основі болгарської кухні лежать насамперед овочі, а також різні сорти свіжого м'яса, прісноводна і морська риба. З м'ясопродуктів в Болгарії частіше вживають баранину, а також свинину.

У болгарській кухні широко використовуються овочі в будь-якому виді: сирому, термічно-обробленому, маринованому (помідори, перець, баклажани, картопля, квасоля, огірки, капуста, морква, кабачки). Картоплю, починаючи з травня, практично не вживають до нового врожаю. Дуже широко застосовують бобові.

Немислима болгарська кухня без бринзи «сірене» й іншого овечого сиру – «кашкавал». Популярні м'ясопродукти – плоска твердокопчена ковбаса лунканка, в'ялене овече м'ясо «пастарма».

Страви готуються переважно на олії, рідше використовується вершкове масло і свинячий жир. Особливість кухні Болгарії – широке застосування свіжої та консервованої зелені у приготування м'ясних страв.

Широко застосовують в болгарській кухні прянощі та приправи: часник, цибулю, червоний і чорний перець, свіжий стручковий, солодкий і зелений перець, кріп, петрушку, а також сметану, сир та оцет у якості приправ.

Вживають пшеничний хліб в значних кількостях. Ласощі і випічка часто готуються з використанням меду і горіхів.

Як бачимо, південно-українська кухня багата на компоненти для

багатьох страв болгарської кухні, тому в їх приготуванні не виникало жодних проблем. А зважаючи на те, що в традиційній південно-українській кулінарії широко використовується велика кількість овочів (на першому місці стоїть помідор, баклажан, перець солодкий, цибуля, часник), як у сирому так і в обробленому вигляді, можна стверджувати, що дані кулінарні традиції були запозиченими у болгарських переселенців, ще з давніх часів.

На весь світ стали відомими улюблені страви болгар – таратор (холодний суп із йогурту, огірка, часнику і тертого горіха), лютениця (гострий соус із солодкого перцю), гювеч (баранина, запечена з овочами), тас-кебаб (телятина в томатному соусі), банниця (лишковий пиріг з овочами і бринзою). Підсолена банниця з кислим молоком за популярністю подібна до українського борщу.

На єврейську кухню накладають відбиток релігійні традиції єврейського народу, тому вона значно відрізняється від інших, в тому числі й від української. Але зважаючи, що в південній частині країни, а саме в Одеській і Миколаївській областях мешкає найбільша в Україні єврейська община, єврейські кулінарні традиції так тісно переплелися з місцевими, що багато страв, вже давно вважаються суто українськими.

Єврейська кухня дуже економна, всі частини продукту ідуть у їжу, нічого не викидається. Із овочів використовують цибулю, моркву, чорнослив, родзинки. Поширений спосіб кулінарної обробки – тушіння.

Форшмак – холодна закуска з філе оселедця з додаванням цибулі, яблука, яйця, білого хліба. Фарширований короп (гефілте фіш) – фарширується овочами та тушкується в рибному бульйоні. Традиційна страва хумус – перетерті бобові з додаванням зелені та оливкової олії. Фалафель – смажені кульки з подрібненого нуту з додаванням бобових, багатий на білок та амінокислоти, тому його вживають як заміник м'яса. Фаршировані курині шийки. Цимес – десертна страва, солодке овочеve рагу. Його любляють діти. Хала – традиційний здобний святковий хліб у вигляді плетінки. Незважаючи на те що штрудель – австрійська страва, австрійські євреї поширили рецепт серед своїх общин, і він дуже любився.

*Висновки.* Дослідження історичних передумов розвитку південно-українських кулінарних традицій дозволяє визначити, кухні яких народів мали на них найбільший вплив. Як показує дослідження, кулінарні традиції півдня України є багатонаціональними. В процесі історичних трансформацій, як економічних так і територіальних та національних, південно-українська кухня зазнала значного впливу з боку етнічних груп населення, що були переселені в часи колонізації півдня України.

Традиції переселенців та завезення на територію країни нових

видів рослинної продукції зумовило необхідність адаптації кулінарних традицій та гармонійного поєднання страв національної кухні зі стравами етнічних переселенців. Для південно-української кухні характерним є використання для приготування страв овочів, м'яса, риби, борошна, круп, кисло-молочних продуктів.

Аналіз національних південно-українських кулінарних традицій дозволяє зробити висновок, що кулінарні традиції продовжують розвиватися та створювати нові кулінарні шедеври. Трансформаційні процеси в кулінарії тісно пов'язані з кліматичними умовами, які останнім часом, досить сильно змінилися, що дозволяє вирощувати рослинну продукцію, яка раніше була для нашого регіону не типовою. Це значно поширює поле діяльності для розробки нових страв та вдосконалення вже існуючих традиційних рецептур.

Проте, виникає об'єктивна необхідність у подальшому розвитку південно-українських кулінарних традицій, чого можна досягти шляхом використання і кулінарії новітніх технологій приготування та сервірування страв. Це дозволить вивести українську кухню на новий рівень та залучити більшу кількість іноземних туристів, не лише для відпочинку на березі моря, а й задля отримання гастрономічного задоволення.

### Список використаних джерел

1. Смоляр В. І. Формування і розвиток української кухні. *Проблеми харчування*. 2008. № 1-2 (18). С. 63-67.
2. Обозна А. О., Шабельник Н. М. Історичні та національні передумови виникнення та функціонування миколаївської кухні: регіональний аспект. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 30, ч. 1. С. 168-172.
3. Спасько С. Історія України написана у V ст. до нашої ери Геродотом. Київ: ФОП Стебеляк О. М., 2012. 144 с.
4. Історія розвитку української кухні. URL: <http://ukrainica.org.ua/ukr/content/1897/> (дата звернення: 08.02.2021).
5. Миколаївщина – багатонаціональна сім'я народів. URL: <http://laginlib.org.ua/mykolaiv/nac/1.php> (дата звернення: 08.02.2021).
6. Бачинська О. А. Колонізація південної України. URL: [http://www.history.org.ua/?termin=Kolonizaciya\\_pivd\\_Ukr](http://www.history.org.ua/?termin=Kolonizaciya_pivd_Ukr) (дата звернення: 08.02.2021).
7. Рошко К. М. Зміни етнічного складу населення на території Південної України (кінець XIX ст.–1920-ті роки). *Наукові праці історичного факультету Запорізького національного університету*. 2017. Вип. 47. С. 42-46.
8. Мазараки А. А., Пересичный И. А., Фельдман М. И. Знаменитые украинские блюда. Киев: Центрполиграф, 2014. 311 с.

9. Ліпец Ю. В. Розвиток і традиції харчування в українській культурі. *Українська культура XXI століття: стан, проблеми, тенденції*: матеріали всеукр. наук.-теорет. конф. Київ: КНУКіМ, 2011. С. 51–55.

10. Яценко С. А. Традиційна народна їжа як предмет етнографічного дослідження. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/2018/1/3.pdf> (дата звернення: 15.02.2021).

## **ІСТОРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПІВДЕННО-УКРАЇНСЬКОЇ КУХНІ ТА ВПЛИВ НА НЕЇ КУЛІНАРНИХ ТРАДИЦІЙ ЕТНІЧНИХ ПЕРЕСЕЛЕНЦІВ**

Карман Т. В., Гапріндашвілі Н. А.

### *Анотація*

У статті досліджено історію формування південно-українських кулінарних традицій. Визначено фактори, що впливають на формування і розвиток національних кулінарних традицій. Проаналізовано етнічний склад населення південного регіону України за часів формування і розвитку регіональної південно-української кухні. Визначено етнічні групи населення, що мали, на нашу думку, найбільший вплив на формування і розвиток етнічної південно-української кулінарії. В процесі аналізу факторів, що впливають на розвиток кулінарних традицій півдня України, визначено основні продукти, що є характерними для використання в приготуванні страв південно-української кухні. Визначено можливі напрямки подальшого розвитку кулінарних традицій півдня України.

**Ключові слова:** українська кухня, болгарська кухня, кулінарні традиції, південно-українська кухня, етнічна кулінарія.

## **ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЮЖНО-УКРАИНСКОЙ КУХНИ И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ КУЛИНАРНЫХ ТРАДИЦИЙ ЭТНИЧЕСКИХ ПЕРЕСЕЛЕНЦЕВ**

Карман Т. В., Гаприндашвили Н. А.

### *Аннотация*

В статье исследована история формирования южно-украинских кулинарных традиций. Определены факторы, влияющие на формирование и развитие национальных кулинарных традиций. Проанализирован этнический состав населения южного региона Украины во времена формирования и развития региональной южно-украинской кухни. Определены этнические группы населения, которые имели, по нашему мнению, наибольшее влияние на формирование и развитие этнической южно-украинской кулинарии. В процессе анализа факторов, влияющих на развитие кулинарных традиций юга Украины, определены основные продукты, характерные для использования в приготовлении блюд юго-украинской кухни. Определены возможные направления дальнейшего развития кулинарных традиций юга Украины.

**Ключевые слова:** украинская кухня, болгарская кухня, кулинарные традиции, юго-украинская кухня, этническая кулинария.

## **THE HISTORICAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF REGIONAL SOUTH-UKRAINIAN CUISINE AND THE INFLUENCE OF ETHNIC IMMIGRANTS CULINARY TRADITIONS ON IT**

T. Karman, N. Naprindashvili

### *Summary*

The article examines the history of the formation of South Ukrainian culinary traditions. It is established that the process of creating Ukrainian culinary traditions is due to the historical transformations to which the Ukrainian nation has undergone. It is determined that the development of culinary art of a particular society was greatly influenced by various factors, including not only economic development and lifestyle of the people, but also historical processes, geopolitical situation, religion, climatic conditions and borrowing culinary traditions of other countries. It has been established that the appearance of a wide variety of dishes with high taste and nutritional properties was facilitated by the fact that since ancient times the Ukrainian population had an opportunity to eat both plant and meat foods.

The research and the analysis of the ethnic composition of the southern region population of Ukraine during the formation and development of regional southern Ukrainian cuisine, allowed us to identify ethnic groups that, in our opinion, had the greatest influence on the formation and development of southern Ukrainian cuisine. The immigrants played an important role not only in the formation of culinary traditions of South Ukrainian cuisine, but also in the diversity of cultural traditions, trade and even agriculture. The southern Ukrainian cuisine was most influenced by the culinary traditions of the Bulgarian, Jewish and Belarusian peoples. To determine the significance of the influence of national minorities' culinary traditions, the cuisines of these peoples are considered in detail. In the process of analyzing the factors influencing the culinary traditions development of the south of Ukraine, the main products that are typical for use in the preparation of dishes of southern Ukrainian cuisine are identified. The possible directions of further culinary traditions development of the south of Ukraine are determined.

**Key words:** Ukrainian cuisine, Bulgarian cuisine, culinary traditions, southern Ukrainian cuisine, ethnic cuisine.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ БОБОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПОЇВ

Янчик М. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-3675-6611

*Національний університет харчових технологій*

Атанасова В. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-3623-2749

*Одеська національна академія харчових технологій*

Тел. (068) 958-77-28

*Постановка проблеми.* Напої, як один з найвживаніших категорій харчових продуктів, є перспективною основою для поповнення організму людини біологічно активними речовинами. Широкої популярності набули протеїнові коктейлі у спортивному харчуванні. До їх складу входять білки тваринного походження (молочний, яєчний, тощо).

Тенденція відмови вітчизняних споживачів, особливо молоді, від продуктів тваринного походження спонукає до створення нових продуктів, які б поповнювали корисними нутрієнтами раціон вегетеріанців та веганів. Тому, актуальним є створення протеїнового напою застосовуючи тільки сировину рослинного походження.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз сучасного стану харчування населення України свідчить про високий дефіцит білка в раціоні пересічного українця, що складає 10...26% від загальної потреби [1, 2].

Добова потреба в білках для дорослого населення України розраховується залежно від статі, віку та інтенсивності праці людини. Для чоловіків вона становить 58...107 г (у т.ч. 32...59 г тваринних білків), для жінок – 50...84 г (у т.ч. 28...46 г тваринних білків).

Незважаючи на стереотипну думку про перевагу тваринного білка у раціоні людини, FAO ВООЗ не вказує рекомендацій щодо потреби у тваринному білку. За результатами клінічних досліджень, потребу людини в амінокислотах цілком задовольняє суміш рослинних білків, тобто повсякденний раціон може взагалі не містити білків тваринного походження [3].

З огляду на загальносвітові тенденції збільшення частки рослинної продукції у забезпеченні організму людини білком, для підвищення біологічної цінності харчових продуктів, в тому числі і напоїв, вибір рослинної сировини є виправданим [4].

*Формування цілей статті.* Метою дослідження є обґрунтування використання насіння бобових культур для виготовлення напоїв та розроблення технології їх виготовлення. Для досягнення мети були

поставлені наступні завдання: дослідити хімічний склад насіння бобових культур, розробити технологію напою з насіння бобових культур, за результатами дослідження фракційного складу білка насіння бобових визначити ефективний екстрагент для вилучення білка.

*Результати дослідження.* Найвищим вмістом білка, поміж рослинної сировини, характеризується насіння бобових культур: гороху, квасолі, сої, люпину, сочевиці, нуту, арахісу тощо (табл. 1). У світовому об'ємі виробництва зернових частка бобових культур становить 20% [4].

Таблиця 1 – Хімічний склад насіння бобових культур

Найменування	Вода,%	Білок,%	Крохмаль,%	Жири,%	Сира клітковина,%	Зола,%
Горох	10...15	20,4...35,7	20...46	1,3...1,5	3,0...6,0	2,0...3,1
Квасоля	12...15	17,0...32,1	50...56	1,3...1,4	5,0...5,5	2,5...3,0
Сочевиця	12...14	21,3...36,0	47...60	2,2...1,3	3,4...4,0	2,0...2,5
Соя	14...16	27,0...50,0	22...34	13,0...26,0	2,9...11,0	4,5...6,8
Нут	12...14	18,5...29,7	50...55	4,0...7,2	4,0...5,4	2,5...3,0

Насіння бобових містить харчові волокна, вітаміни групи В, токоферолі, мікро- та макроелементи, а також високий вміст цінної за жирно-кислотним складом олії, фосфоліпідів, у тому числі лецитину [5].

Порівняння хімічного складу високобілкової рослинної сировини показує, що вміст білка бобових у 2-3 рази більший, ніж у зерні злакових. Білок бобових культур містить всі незамінні амінокислоти: вміст у ньому лізину в 2...2,5 рази більше, ніж у білка злакових культур [6]. Аналіз фракційного складу білка насіння бобових культур представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Фракційний склад білка насіння бобових культур

Найменування	Фракційний склад білка, %		
	Альбумін	Глобулін	Глютелін
Горох	9,6	85,7	4,8
Квасоля	10,1	83,6	6,3
Сочевиця	8,1	85,9	6,0
Соя	8,3	88,4	3,3
Нут	12,2	79,8	7,9

Оскільки проламінова фракція у білках бобових відсутня, її недоцільно вказувати у табл. 2. Основну фракцію складають глобуліни, що є водорозчинними. Найменший відсоток припадає на частку глютелінів. У насінні бобових знайдені окремі, характерні для

тієї або іншої культури, білки – в насінні гороху водорозчинний легумелін і два глобуліни (легумін і віцилін), в насінні квасолі – глобулін фазеолін, в насінні сої – глобулін гліцинін.

Амінокислотний склад насіння бобових має спільні ознаки: в найбільшій кількості містяться аспарагінова і глютамінова кислоти, в найменшій – метіонін цистин, і триптофан. В білках насіння бобових спостерігається дефіцит сірковмісних амінокислот [7,8].

Хімічний склад бобових культур зумовлює великий інтерес технологів і розробників до використання продуктів їх переробки у харчовому виробництві, в тому числі і безалкогольних напоїв. Саме тому, в даній статті представлена загальна схема виготовлення напоїв з насіння бобових культур (рис.1).

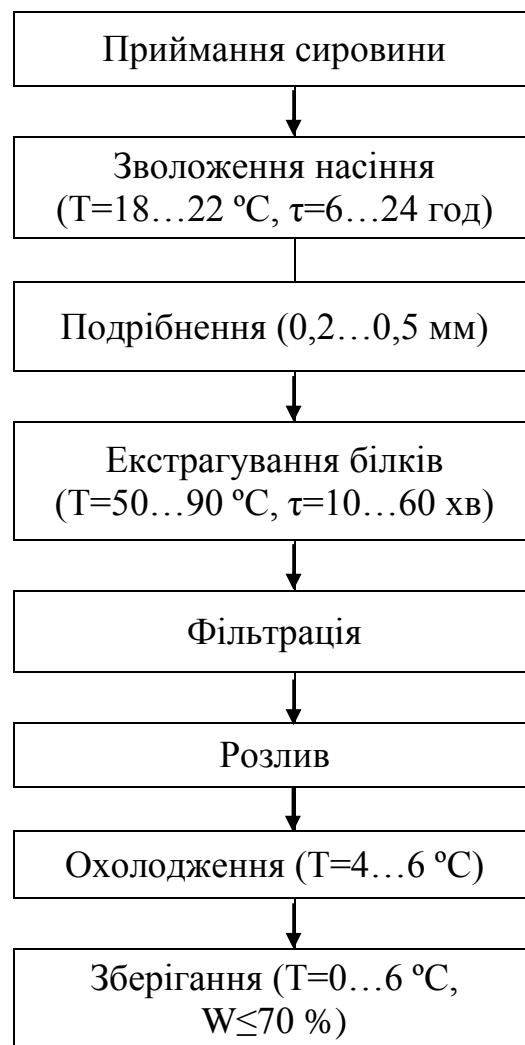


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення напою з насіння бобових культур.

Для кращого засвоєння організмом білка бобових культур потрібна попередня обробка сировини, оскільки з сирого зерна засвоюється лише 15...20% від загального вмісту білка. Також,

температурна обробка дозволить інактивувати значну кількість антипоживних складових бобових. Практично важливими для споживачів є відсутність інгібіторів протеїназ,  $\alpha$ -галактозида (рафіноза та стахіоза) й алкалоїди люпину [9].

Технологія білкового напою з насіння бобових культур полягає у наступних етапах: зволоження сухого насіння водою за температури 18...22 °С протягом 6...24 годин, із співвідношенням насіння:вода, як 1:3 (співвідношення може змінюватись в залежності від виду сировини). Після того, як відбудеться набубнявіння насіння, зайву воду декантують, а зерно подрібнюють у пюреподібний стан. Масу, яка утворилася після подрібнення, змішують з попередньо нагрітою водою до 50...90 °С у співвідношенні 1:6 та підтримують цю температуру впродовж 10...60 хв. Оскільки основну фракцію складають глобуліни, що є водорозчинними, доцільно у якості екстрагента використовувати питну воду. Після цього суміш фільтрують, розливають у тару та охолоджують.

Дана технологія дозволить отримати солодкуватий напій кремово-білого кольору з легким горіховим ароматом, який отримують з вимочених, подрібнених та проварених бобів. Хімічний склад продуктів виробництва бобових напоїв за усередненими значеннями залежно від сировини наведено у таблиці 2.

Таблиця 3 – Хімічний склад напою бобових культур та відходів технології

Складові	Напій	Окара
Вода, %	80...90	35...45
Білок, %	1,1...4,5	1,8...2,5
Жир, %	1,0...3,2	3,0...5,0
Вуглеводи, %	2,2...4,7	10,0...20,0

Бобовий напій корисний завдяки високій кількості, як для рослинної сировини, збалансованого за складом білка, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, у т.ч. дефіцитних у сучасному харчуванні кислот групи  $\omega$ -3, фосфоліпідів (лецитину) і таких біологічно активних речовин, як ізофлавіони, фітоестрогени і фітостерини, що є активними засобами профілактики остеопорозу, атеросклерозу, онкологічних захворювань і гормональних розладів у жінок.

*Висновки.* Отже, можна зробити висновки, що бобові культури – це перспективна сировина для виготовлення протеїнових напоїв, адже бобові містять значну кількість білка, який характеризується високим ступенем збалансованості. У статті запропоновано технологію, яка передбачає гідротермічну обробку насіння бобових, що дозволяє інактивувати антипоживні складові бобів та отримати напій з

повноцінним хімічним складом та органолептичними характеристиками, що притаманні основній сировині.

### **Список використаних джерел**

1. Возіанов О. Ф. Харчування та здоров'я населення України (концептуальні основи раціонального харчування). *Журн. АМН України*. 2002. Т. 8, № 4. С. 647—657.

2. Петухова Т. А., Рижих А. С. Дослідження впливу добового раціону спожитих продуктів харчування на забезпеченість організму студентів деякими біогенними елементами. *Молодий вчений*. 2016. № 4. С. 294-298.

3. Уильямс К., Сэндерс Т. Связь между здоровьем и потреблением белка, углеводов и жира. *Вопросы питания*, 2000, №3. С. 54-57.

4. Лищенко В. Ф. Мировые ресурсы пищевого белка. *Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки*, 2003, №1. С. 12-15.

5. Пахомова Т. О. Разработка технологии соево-овсяных напитков профилактической направленности: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.01. Москва. 2013. 20 с.

6. Pana Felberg; Rosemar Antoniassi; Rosires Deliza; Sidinea Cordeiro de Freitas; Regina Celia Della Modesta. Soy and Brazil nut beverage: processing, composition, sensory, and color evaluation. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*. J. 2009. vol.29. №3. P. 29.

7. Бутова С. В. Разработка технологии йогуртного напитка на основе соевой дисперсии с использованием продуктов пчеловодства: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.01. Воронеж, 2004. 21 с.

8. Данилова О. І., Решта С. П. Отримання високобілкових препаратів з використанням рослинної сировини. *Зб. наук. праць "Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі"* ХДУХТ. Х. 2007. Вип. 1 (5) С. 218-222.

9. Susu Jiang, Weixi Cai, Baojun Xu. Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans. *Foods Journal*. 2013. №2. P.198-212.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ БОБОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПОЇВ**

Янчик М. В., Атанасова В. В.

### **Анотація**

Введення до раціону споживачів нових харчових продуктів часто є істотною видозміною структури харчування, що склалась традиційно. Для створення інноваційних харчових продуктів, необхідно подолати стереотипи у харчовій галузі та створити більш високий рівень культури харчування.

Дана стаття присвячена вивченню характеристик бобових культур для виготовлення напою з підвищеною біологічною цінністю. Запропоновано

вирішення проблеми компенсації білка в раціоні сучасної людини за рахунок використання білків рослинного походження та розширення асортименту білкових напоїв з рослинної сировини.

На підставі аналітичного огляду літератури, розглянуто переваги використання насіння бобових для приготування білкових продуктів, в тому числі напоїв з підвищеною біологічною цінністю.

У статті представлено порівняльну характеристику загального хімічного та фракційного складу білка різних бобових культур, що є перспективною сировиною для виготовлення напоїв.

За результатами досліджень представлено спосіб виготовлення напою з насіння бобів та розглянуто технологічні параметри його виготовлення. Наведено усереднені результати дослідження загального хімічного складу напоїв з бобових культур та окарі, як відходу виробництва.

**Ключові слова:** напої, бобові культури, насіння, білок.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАПИТКОВ

Янчик М. В., Атанасова В. В.

### *Аннотация*

Введение в рацион потребителей новых пищевых продуктов часто является существенным видоизменением структуры питания, которая сложилась традиционно. Для создания инновационных пищевых продуктов, необходимо преодолеть стереотипы в пищевой отрасли и создать более высокий уровень культуры питания.

Данная статья посвящена изучению характеристик бобовых культур для изготовления напитка с повышенной биологической ценностью. Предложено решение проблемы компенсации белка в рационе современного человека за счет использования белков растительного происхождения и расширение ассортимента белковых напитков из растительного сырья.

На основании аналитического обзора литературы, рассмотрены преимущества использования семян бобовых для приготовления белковых продуктов, в том числе напитков с повышенной биологической ценностью.

В статье представлена сравнительная характеристика общего химического и фракционного состава белка различных бобовых культур, которые являются перспективным сырьем для изготовления напитков.

По результатам исследований представлен способ изготовления напитка из семян бобов и рассмотрены технологические параметры его изготовления. Приведены усредненные результаты исследования общего химического состава напитков из бобовых культур и окары, как отхода производства

**Ключевые слова:** напиток, бобовые, семена, белок.

## PROSPECTS OF USING BEAN CROP SEEDS FOR BEVERAGE PRODUCTION

M. Ianchyk, V. Atanasova

### *Summary*

The introduction of new foods into the diet of consumers is often a significant modification of the structure of nutrition that has developed traditionally. To create innovative food products, it is necessary to overcome stereotypes in the food industry and create a higher level of food culture.

This article is devoted to the study of the characteristics of bean crops for the beverage production with increased biological value. A solution to the problem of protein compensation in the diet of a modern person through the use of plant proteins and an expansion of the range of protein beverages from plant raw materials is proposed.

On the basis of an analytical review of the literature, the advantages of using bean seeds for the preparation of protein products, including beverages with increased biological value, are considered.

The article presents a comparative characteristic of the general chemical and fractional composition of the protein of various types of beans, which are promising raw materials for the manufacture of beverages.

Based on the research results, a method for producing a beverage from beans' seeds is presented and the technological parameters of its production are considered. The averaged results of the study of the general chemical composition of beverages from beans and okara as a production waste are presented.

**Key words:** drink, beans, seeds, protein.

*ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА*

УДК 621.314.212

DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-287-299

**АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА  
ДІАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ГЕНЕРАТОРІВ ТА МАСЛЯНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Бацуровська І. В., д.п.н.

ORCID: 0000-0002-8407-4984

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. (0512) 40-37-80

*Постановка проблеми.* У сучасній електроенергетиці найбільш актуальні ті ж тенденції, що і в промисловості: повна автоматизація технологічних процесів, прогнозування розвитку ситуації на основі накопичення великих обсягів даних. Найбільш актуальним аспектом автоматизації в електроенергетиці як і раніше залишається впровадження сучасних та передових технологій з боку експлуатуючих організацій. Сучасні технології дозволяють мінімізувати людський фактор в електроенергетиці і, в свою чергу, різко підняти продуктивність праці. Тому сьогодні є актуальним проведення аналізу принципів побудови та функціональних можливостей автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів.

*Аналіз останніх досліджень.* В основу нашого дослідження покладено роботи науковців в області дослідження генераторів та масляних трансформаторів, автоматизованих системи контролю та діагностики технологічних їх параметрів. Так проблемами конструкцій та застосуванням трансформаторів присвятили роботи В. Г. Херлі та В. Х. Вулф [1]. Проблемами удосконалення трансформаторів займались В. С. Блинцов, Р. А. Ставинский, Е. А. Авдеева, О. С. Садовий [2, 3, 4]. Особливостями раціонального вибору електричних машин та трансформаторів присвячують роботи М. В. Загірняк, В. В. Прус, Б. І. Невзлін [5]. Аналізу методів побудови генераторів присвятив свої роботи О. В. Северінов [6]. Заслужують на увагу розробки технологічний аналіз науково-виробничої організації з приводу контролю та діагностики генераторів та масляних трансформаторів. З урахуванням підвищення потреб енергозбереження в Європі [7] питання актуальності автоматизовані системи контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів потребує додаткового вивчення та аналізу технологічних параметрів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження потенційних можливостей автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів.

*Основна частина.* Технічний контроль технологічних параметрів по суті представляє перевірку відповідності технологічного об'єкта встановленим технічним вимогам [8]. Технічна діагностика охоплює теорію, методи і засоби визначення технічного стану об'єкта. Призначення технічної діагностики в загальній системі технічного обслуговування – зниження обсягу витрат на стадії експлуатації за рахунок проведення цільового ремонту. Технічне діагностування технологічних параметрів представляє собою процес визначення технічного стану технологічного об'єкта. Так як в якості технологічного об'єкта в нашому дослідженні виступають генератори та масляні трансформатори, уточнимо понятійні визначення. Генератор представляє собою пристрій, що виробляє будь-які продукти, які здатні виробляти електроенергію або перетворювати один вид енергії в інший. Трансформатор – статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції однієї або кількох систем (напруг) змінного струму в одну або декілька інших систем (напруг) змінного струму без зміни частоти системи (напруги) змінного струму [9, 10]. В даний час відомо багато різних за принципом дії генераторів та масляних трансформаторів, але більшість з них вимагають перевірки і удосконалення, інакше вони не задовольнятимуть сучасним вимогам і тестам на випадковість [2]. Тому сьогодні є актуальним проведення аналізу принципів побудови та функціональних можливостей автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів. В контексті нашого дослідження проаналізуємо потенційні можливості автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів на прикладі автоматизованих систем контролю і діагностики «НЕВА-АСКДТ», «НЕВА-АСКДГ» та пристроїв визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ», контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» та пристрою центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ».

*Автоматизована система контролю і діагностики трансформатора «НЕВА-АСКДТ»* призначена для контролю і діагностики масляного трансформатора та розроблено для трансформаторів класів напруги 10 – 750 кВ потужністю від 2500 кВ·А до 1250 МВ·А. Використання системи дозволяє достовірно оцінити технічний стан трансформаторного обладнання, знизити фінансові витрати на ремонт трансформатора за рахунок переходу на

обслуговування по фактичному стану та відмови від регламентного обслуговування, підвищити надійність електропостачання та безпеку персоналу і навколишнього середовища. До її основних функцій відноситься діагностування технічного стану трансформатора і його систем по комплексу вимірних параметрів, подання даних у вигляді мнемосхем, таблиць і графіків на локальному моніторі і АРМ чергового оператора, архівування даних і подій на енергонезалежному носії та передача даних вимірювань і подій в мережу АСУ станції по каналах Ethernet 10/100. Система здатна діагностувати та здійснювати контроль таких параметрів: температури верхніх і нижніх шарів масла трансформатора; температури обмотки трансформатора; рівня масла; волого-і газовмісту масла; електричних параметрів; стану ізоляції маслonaповнених високовольтних вводів; тиску масла на вводах трансформатора; рівня вібрації трансформатора; напрямку потоку масла маслonaсосів; роботи газового захисту трансформатора; роботи запобіжного клапана; роботи клапана заслінки; комутаційного стану елементів шафи автоматичного охолодження трансформатора (ШАОТ); роботи РПН. Система сигналізації спрацьовує у разі несправності обладнання та про вихід значень контрольованих параметрів за встановлені технологічні межі.

Таблиця 1 – Технічні характеристики автоматизованої системи контролю і діагностики трансформатора «НЕВА-АСКДТ»

Характеристика	Показник
Кількість вимірювальних каналів змінного струму 1 А або 5А	до 9
Кількість вимірювальних каналів температури	до 12
Кількість дискретних входів	до 128
Кількість каналів управління	до 25
Кількість каналів сигналізації	до 15
Параметри вихідних дискретних сигналів, А / В	1/220 АС, 0,2 / 220 DC
Межі вимірювання концентрації газів в маслі, по об'єму - в водневому Н <sub>2</sub> еквіваленті	0 ... 2000x10 <sup>-6</sup>
Межі вимірювання концентрації вологи в маслі, %	0 ... 100
Межі вимірювання температури верхніх шарів масла і навколишнього середовища, °С	-50 ... +150
Цифровий інтерфейс зв'язку між шафою контролю трансформаторів (ШКТ) і сервером	Ethernet 10/100
Температурний діапазон роботи ШАОТ, °С	-40 ... + 85
Температурний діапазон роботи ШКТ, °С	0 ... + 45
Точність вимірювання тиску	не гірше 0,5%
Живлення	~ 220 В, = 220 В
Середнє напрацювання на відмову системи, годин	50 000
Термін служби системи, років	15

Технічні характеристики для одного трансформатора представлені в Таблиця 1.

*Автоматизована система контролю і діагностики генератора «НЕВА-АСКДГ»* призначена для контролю технологічних параметрів генератора і його допоміжних систем, а також діагностування стану генератора у всіх експлуатаційних режимах. Відповідає технічним вимогам виробників генераторів потужністю від 20 МВт до 1000 МВт і є оптимальним рішенням для заміни існуючих систем типу А-701. До основних функцій віднесено контроль теплових та електричних параметрів генератора, електричного опору ізоляції ланцюгів ротора, вібрації лобових частин і стрижнів статора генератора, струму зворотної послідовності, виткових замикань ротора та роботи щітково-контактного апарату. Також до ключових функцій можна віднести подання даних у вигляді таблиць і графіків на локальному моніторі і АРМ чергового оператора, сигналізацію про вихід значень контрольованих параметрів за уставки, реєстрацію аварійних подій, технічне діагностування генератора по контрольованих параметрах, архівування даних і подій на енергонезалежному носії та передачу даних вимірювань і подій в мережу АСУ станції по каналах Ethernet 10/100. Технічні характеристики представлені нижче (таблиця 2).

Таблиця 2 – Технічні характеристики автоматизованої системи контролю і діагностики генератора «НЕВА-АСКДГ»

Число вимірювальних каналів аналогового введення:	Показник
- термоопорів ТСП 100	до 600
- віброперетворювачів п'єзоелектричних	24
- віброперетворювачів оптичних	до 12
- зволоження ізоляції міжфазних зон	7
- напруги ланцюгів ротора	1
- магнітного потоку в зазорі генератора	до 2
- струму щіток ЩКА	за кількістю щіток
- змінної напруги	3
- змінного струму генератора	3
Число каналів дискретного виводу	від 8 до 24
Основна приведена похибка вимірювання аналогових величин	не більше 0,5%
Період передачі даних на верхній рівень	не більше 1 сек.
Живлення	~ 220 В 50 Гц, = 220В

«НЕВА-АСКДГ» являє собою багаторівневу розподілену систему, що складається з підсистем, що відповідають за збір, первинну обробку та передачу даних з датчиків, за допомогою яких проводиться вимірювання відповідних електричних і неелектричних

параметрів. Поділ на підсистеми пов'язаний з особливостями виміру технологічних параметрів різної фізичної природи, різними принципами вимірювання і можливістю подальшого поетапного вдосконалення АСКДГ. Принцип поділу на підсистеми також дозволяє компонувати систему під конкретне замовлення з різними функціями і завданнями в широкому діапазоні ціни на АСКДГ. Кожна підсистема може виконуватися як функціонально закінчений пристрій, здатний працювати самостійно або в складі АСК ТП об'єкта, виконуватися як в складі основної шафи центрального контролера системи (ЦКС), так і територіально вноситися. ЦКС за допомогою спеціалізованого ПЗ виробляє архівування інформації, поглиблений діагностичний аналіз вимірюваних параметрів, забезпечує візуалізацію даних на локальному пульті відображення (ЛПВ) і (або) виносному АРМ оперативного персоналу, а також забезпечує аварійну і попереджувальну сигналізацію. Для організації довготривалих архівів і вирішення складних діагностичних завдань, ЦКС забезпечує передачу даних на сервер і в мережу АСУ ТП об'єкта.

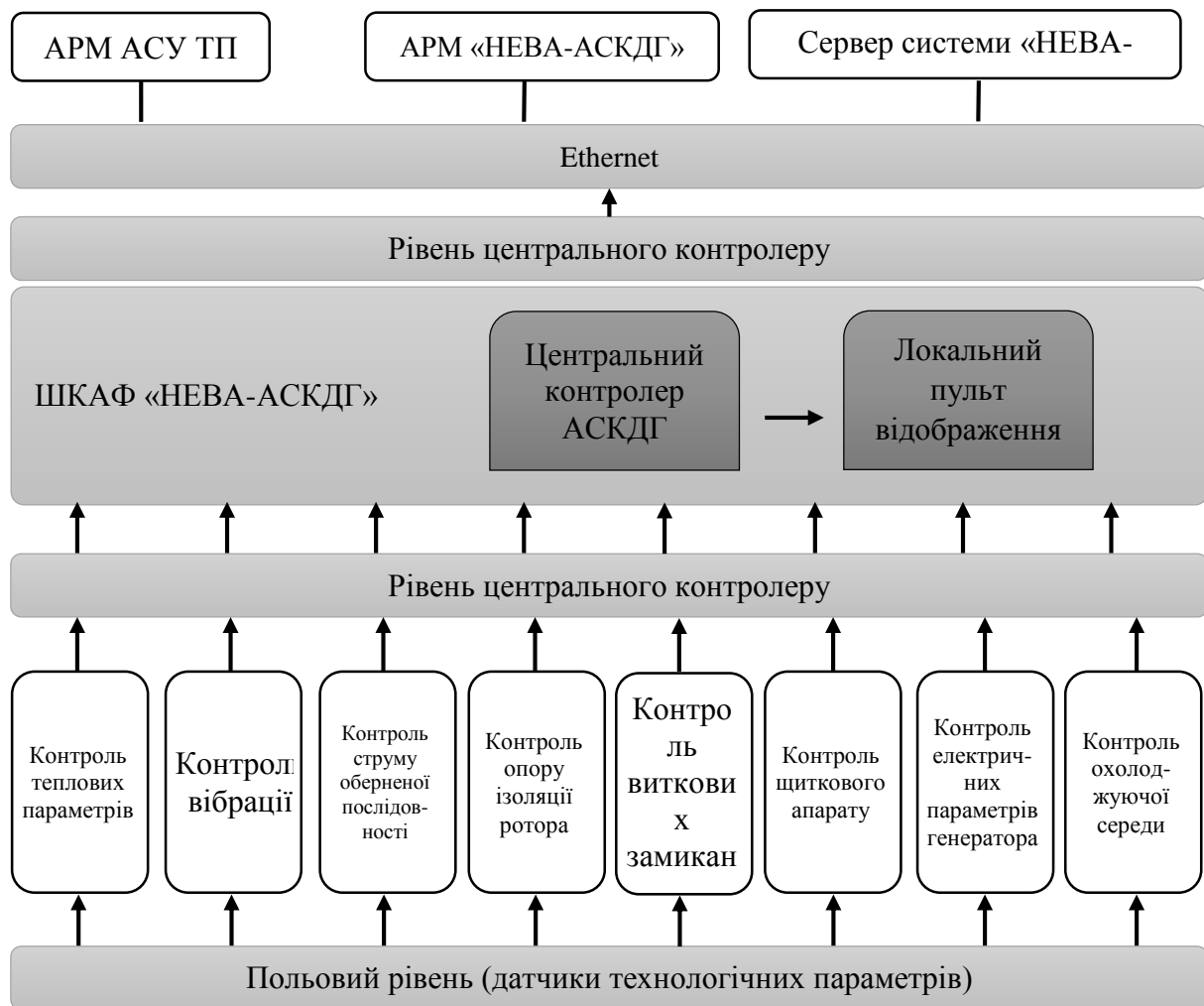


Рис. 1. Технологічна схема функціонування автоматизованої системи контролю і діагностики генератора «НЕВА-АСКДГ».

*Пристрій визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ»* призначений для виявлення пошкодженого фідера в мережах 6-10-35 кВ з ізолюваною нейтраллю, а також в мережах з резистивною-заземленою або компенсованою нейтраллями. Застосування пристрою «НЕВА-ОПФ» дозволяє прогнозувати стан кабельних ліній з можливістю виведення з роботи кабелю з дефектом ізоляції до виникнення стійкого однофазного замикання. До основних функцій можна віднести осцилографування перехідних процесів, одночасний аналіз аварійних процесів у всіх контрольованих фідерах, відображення пошкодженого фідера на відповідній мнемосхемі мережі або видача команди на відключення пошкодженого фідера, запис і зберігання даних вимірювань в незалежній пам'яті та передачу даних вимірювань і результатів роботи пристрою в мережу АСУ об'єкта. Для коректної роботи «НЕВА-ОПФ» до пристрою повинні бути підключені наступні сигнали напруги нульової послідовності, а також фазні напруги на всіх гальванічних не пов'язаних секціях шин, струми нульової послідовності всіх контрольованих приєднань та струми нульової послідовності заземлюючих пристроїв, таких як дугогасяючі/компенсуючі реактори або заземлюючі резистори. Частота дискретизації осцилографування повинна вибиратися в залежності від умов конкретної електричної мережі.

Основним видом ушкоджень ізоляції в мережах 6-35 кВ є однофазні часткові або повні пробої ізоляції, що призводять до появи перенапруг, руйнувань ізоляції ділянок мережі, тривалих перерв електропостачання споживачів. Неодмінною ознакою існування однофазних ушкоджень є практично однакові у всій мережі підвищення напруги нульової послідовності. Застосовувані на практиці прийоми селективного визначення пошкодженої ділянки мережі, які залежать від струмах нульової послідовності, не забезпечують швидке і надійне рішення. Часто процедура заземлення проводиться шляхом почергового відключення-включення живильних фідерів зі створенням небезпечних для ізоляції перенапруг.

Як показує практика, процес пошкодження фазної ізоляції до стану її пробою є тривалим. Він може розтягнутися на час від десятків хвилин до декількох діб. Тому актуальним є створення систем селективного і надійного розпізнавання зон мережі з ушкодженнями ізоляції для вжиття заходів щодо своєчасного виводу обладнання в ремонт до настання факту аварійного відключення. Впровадження пристрою «НЕВА-ОПФ» дозволяє зменшити збитки через перерв електропостачання, скоротити витрати на ремонтно-відновлювальні роботи. Пристрій «НЕВА-ОПФ» використовується в мережах, що мають такі режими нейтралей, як ізолювана, компенсована (при будь-яких налаштуваннях дугогасних реакторів), резистивної-заземлена (при низькоомному і високоомному заземленні) та змішане активно-

індуктивне заземлення нейтралі.

Щодо статистичної інформації про режими ОЗЗ, зазначимо, що всі результати визначення пошкодженого фідера зберігаються в файлі даних в форматі «xml». Для кожної з секцій об'єкта зберігається наступна інформація: ідентифікатор секції; загальна кількість зафіксованих пошкоджень. Для кожного з ушкоджень зберігається: дата і час виникнення; ідентифікатор пошкодженого фідера; тип пошкодження; величина струму в перехідному процесі; величина струму усталеного ОЗЗ; величина активної енергії в перехідному процесі.

Перегляд вищевказаної інформації про роботу «ОПФ» може бути виконаний з використанням будь-якої програми, що дозволяє обробляти файли в форматі «xml», наприклад, програми «Microsoft Excel». Інформація може бути використана для виконання автоматичного або ручного аналізу ступеня пошкоджуваності кабельних ліній з метою виведення їх в ремонт до виникнення повноцінного пошкодження, для уточнення реальних даних про типи ушкоджень, які найчастіше виникають, що дозволить адекватно виставити вагові коефіцієнти різних алгоритмів; а також для уточнення реальних даних про струми замикання з урахуванням заземлення (сумарному, струмах окремих фідерів, струмах вищих гармонік) з метою уточнення уставок виявлення пошкодженого приєднання.

*Пристрій контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ»* призначений для вимірювання та контролю опору ізоляції мережі постійного струму, контролю опору ізоляції роторів і ланцюгів постійного струму систем збудження синхронних генераторів, компенсаторів і великих електродвигунів. Також може використовуватися для контролю і ізоляції інших ізольованих від землі мереж постійного струму (наприклад-оперативних ланцюгів релейного захисту та автоматики).

Основні функції пристрою : автоматичний збір в режимі реального часу електричних параметрів мережі постійного струму  $U$ ,  $R$ ; відображення на локальному моніторі пристрою значень  $U$  і параметрів опору ізоляції мережі постійного струму (+)  $R$ , (-)  $R$ ,  $R$  заг.; сигналізація про вихід опору ізоляції за задані параметри; передача даних по інтерфейсу RS-485 (Modbus), інтеграція з АСУ ТП; сигналізація несправності пристрою. Технічні характеристики представлені нижче (таблиця 3). Особливості пристрою:

– Пристрій контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» (УКПТ) не допускає підвищень напруги і комутаційних сплесків напруги в контрольованих ланцюгах постійного струму.

– Забезпечується можливість надійної роботи УКПТ з системами збудження.

Таблиця 3 – Технічні характеристики пристрою контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ»

Номінальна напруга контрольованої мережі постійного струму (залежно від модифікації)	200 В, 400 В, 600 В
Кількість уставок по опорі ізоляції (попередження, тривога)	2
Допустиме перевантаження по напрузі, $t = 50$ с	1750 В
Електрична міцність вхідного каналу вимірювання	5000 в
Діапазон вимірюваних опорів мережі	0,5-1000 кОм
Похибка вимірювання:	
R від 0,5-100 кОм	не більше 2%
R від 100 -1000 кОм	не більше 3%
U	не більше 1%
Ємність мережі	не впливає на роботу пристрою
Визначення полярності пошкодженої лінії	+
Можливість роботи зі стандартною схемою контролю ізоляції	+ (Не впливає на роботу існуючих пристроїв контролю ізоляції і не вносить перешкоди в роботу захистів системи збудження)
Контакти реле DC 220 В, 1 А	3 виходи
Індикація	РК дисплей
Напруга живлення	АС / DC 220 В
Споживана потужність	не більше 20 ВА
Цифровий інтерфейс	RS-485
Габарити	300x400x150 мм (Навісне виконання)

– УКПТ не перешкоджає роботі існуючих пристроїв контролю ізоляції і не вносить перешкоди в роботу систем збудження генераторів.

– Забезпечується можливість одночасної роботи пристрою зі стандартними схемами контролю ізоляції.

– Залежно від стану контрольованих ланцюгів пристрій автоматично змінює інтервали часу між циклами вимірів опорів ізоляції.

– Величина напруги і ємності контрольованих ланцюгів постійного струму не впливають на точність вимірювань і результати роботи УКПТ.

– УКПТ забезпечує передачу контрольних сигналів та вимірюваних величин в ланцюзі зовнішньої попереджувальної сигналізації, до зовнішнього комп'ютера і в локальну обчислювальну

мережу підприємства для вирішення завдань АСУ ТП верхнього рівня.

– Пристрій контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» легко інтегрується в системи технологічного управління і в програмні комплекси моніторингу стану технологічних агрегатів.

*Пристрій центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ»* призначений для реалізації аварійної та попереджувальної сигналізації на об'єктах електроенергетики з традиційною електромеханічною та мікропроцесорною системами управління. «НЕВА-СИГНАЛ» може працювати як автономно, так і в складі АСК ТП об'єкта. У цьому варіанті, сигнали від пристрою можуть передаватися в АСК і прийматися по інтерфейсу RS-485 для реалізації функцій сигналізації. Функції миготіння, колірне і звукове поділ аварійної сигналізації, тестування, малі габарити, простота монтажу і налагодження дозволяють застосовувати «НЕВА-СИГНАЛ» в якості заміни традиційних схем центральної сигналізації. Технічні характеристики представлені нижче (таблиця 4).

Таблиця 4 – Технічні характеристики пристрою центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ»

Кількість вхідних дискретних сигналів аварійної та попереджувальної сигналізації	32
Кількість вихідних дискретних сигналів, «сухий контакт» $\cdot 0,1 \text{ A} = 24 \text{ B}$	8
Тип вхідних дискретних сигналів	«Сухий контакт» = / $\sim 220 \text{ B}$ ; або потенціал = / $\sim 220 \text{ B}$ ,
Кількість ламп світлової сигналізації	32
живлення	= / $\sim 220 \text{ B}$
інтерфейс зв'язку	RS-485
протокол зв'язку	Modbus
споживана потужність	не більше 30 Вт
габаритні розміри	452x275x290 мм

Пристрій «НЕВА-СИГНАЛ» приймає сигнали аварійної та попереджувальної сигналізації по 32 каналам. Кожному каналу відповідає світловий індикатор на передній панелі пристрою. З приходом сигналу пристрій включає індикатор відповідного каналу в режим миготіння і видає в зовнішній ланцюг команду на вмикання звуку. Аварійні сигнали супроводжуються світловими індикаторами червоного кольору і командою на включення аварійного звукового сповіщення, а попереджувальні – жовтого кольору і командою на включення попереджувального звукового сигналу. Зовнішній службовий сигнал (і клавіша на клавіатурі пристрою) переводить

світлові індикатори з режиму миготіння в режим безперервного світіння з подальшим згасанням після зняття сигналу з входу. Тип вхідного сигналу (аварійний або попереджувальний) для кожного каналу користувач визначає самостійно при конфігурації пристрою. У процесі конфігурації задаються витримка часу спрацьовування запобіжного сигналу і тривалість команди на включення звуку.

*Висновки.* Таким чином, в ході проведеного аналізу потенційних можливостей автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів на прикладі автоматизованих систем контролю і діагностики «НЕВА-АСКДТ», «НЕВА-АСКДГ» та пристроїв визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ», контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» та пристрою центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ», встановлено, що технічне діагностування технологічних параметрів можна покращити за рахунок моніторингу та діагностики запропонованих систем. Визначено, що система «НЕВА-АСКДТ» призначена для контролю і діагностики масляного трансформатора та дозволяє достовірно оцінити технічний стан трансформаторного обладнання, знизити фінансові витрати на ремонт трансформатора за рахунок переходу на обслуговування по фактичному стану та відмови від регламентного обслуговування, підвищити надійність електропостачання та безпеку персоналу і навколишнього середовища. Автоматизована система контролю і діагностики генератора «НЕВА-АСКДГ» призначена для контролю технологічних параметрів генератора і його допоміжних систем, а також діагностування стану генератора у всіх експлуатаційних режимах. Пристрій визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ» призначений для виявлення пошкодженого фідера в мережах 6-10-35 кВ з ізолюваною нейтраллю, а також в мережах з резистивної-заземленою або компенсованою нейтраллями. Застосування пристрою «НЕВА-ОПФ» дозволяє прогнозувати стан кабельних ліній з можливістю виведення з роботи кабелю з дефектом ізоляції до виникнення стійкого однофазного замикання. Пристрій контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» призначений для вимірювання та контролю опору ізоляції мережі постійного струму, контролю опору ізоляції роторів і ланцюгів постійного струму систем збудження синхронних генераторів, компенсаторів і великих електродвигунів. Також може використовуватися для контролю і ізоляції інших ізолюваних від землі мереж постійного струму (наприклад, оперативних ланцюгів релейного захисту та автоматики). Пристрій центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ» призначений для реалізації аварійної та попереджувальної сигналізації на об'єктах електроенергетики з традиційною електромеханічною та мікропроцесорною системами управління.

**Список використаних джерел**

1. Hurley W. G., Wolfe W. H. Transformers and inductors for power electronics: theory, design and application. John Wiley & Sonst, Ltd. 2013. 370 p.
2. Трансформаторы для встраивания в оболочки ограниченного диаметра объектов специальной техники и постановка задачи их усовершенствования / В. С. Блинцов и др. *Електротехніка і електромеханіка*. 2012. № 2. С. 16–21.
3. Яримбаш Д. С., Яримбаш С. Т. Особенности визначення параметрів короткого замыкання силових трансформаторів засобами польового моделювання. *Електротехніка та електроенергетика*. 2016. № 1. С. 12–16.
4. Особенности розподілення магнітних потоків у режимі неробочого ходу силових трансформаторів. *Електротехніка та електроенергетика* / Д. С. Яримбаш та ін. 2016. № 2. С. 5–10.
5. Загирняк М. В. Прус В. В., Невзлин Б. И. Особенности рационального выбора электрических машин, трансформаторов, электрических аппаратов и их серий. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2011. № 3(15). С. 97–102.
6. Северінов О. В. Аналіз методів побудови генераторів псевдовипадкових послідовностей. *Системи обробки інформації*. 2013. Вип. 8. С. 198-201.
7. Мельникова Є. В. Энергобережения в Європі: застосування енергоефективних розподільних трансформаторів. *Енергобереження*. 2004. № 1. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2384](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2384) (дата звернення: 12.02.2021).
8. Васютинский С. Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Ленинград: Энергия, 1970. 432 с.
9. Dasgupta I. Design Of Transformers. 1st Editio. Mcgraw Higher Ed. 2002. 552 p.
10. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов: учебное пособие. Москва: Альянс. 2013. 528 с.

**АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ ТА МАСЛЯНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Бацуровська І. В.

**Анотація**

В статті представлено аналіз автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів на прикладі автоматизованих систем контролю і діагностики «НЕВА-АСКДТ», «НЕВА-АСКДГ» та пристроїв визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ», контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ» та пристрою центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ». Визначено, що до основних функцій автоматизованої системи «НЕВА-АСКДТ» відноситься діагностування технічного

стану трансформатора і його систем по комплексу вимірних параметрів, подання даних у вигляді мнемосхем, таблиць і графіків на локальному моніторі і АРМ чергового оператора. Представлено технологічну схему функціонування автоматизованої системи контролю і діагностики генератора «НЕВА-АСКДГ». Виокремлено можливості пристрою визначення пошкодженого фідера «НЕВА-ОПФ». Представлено основні функції та технологічні характеристики пристрою контролю ізоляції мережі постійного струму «НЕВА-УКПТ», обґрунтовано відмінні особливості та функції. Представлено призначення пристрою центральної сигналізації «НЕВА-СИГНАЛ», його технічні характеристики.

**Ключові слова:** контроль та діагностика, генератори, масляні трансформатори, автоматизація систем, технологічні параметри.

## **АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРОВ И МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Бацуровская И. В.

### *Аннотация*

В статье представлен анализ автоматизированных систем контроля и диагностики технологических параметров генераторов и масляных трансформаторов на примере автоматизированных систем контроля «НЕВА-АСКДТ», «НЕВА-АСКДГ» и устройств определения поврежденного фидера «НЕВА-ОПФ», контроля изоляции сети постоянного тока «НЕВА-УКПТ» и устройства центральной сигнализации «НЕВА-СИГНАЛ». Определено, что к основным функциям автоматизированной системы «НЕВА-АСКДТ» относится диагностирование технического состояния трансформатора и его систем по комплексу измеренных параметров, представление данных в виде мнемосхем, таблиц и графиков на локальном мониторе и АРМ дежурного оператора. Представлены технологическую схему функционирования автоматизированной системы контроля и диагностики генератора «НЕВА-АСКДГ». Выделены возможности устройства определения поврежденного фидера «НЕВА-ОПФ». Представлены основные функции и технологические характеристики устройства контроля изоляции сети постоянного тока «НЕВА-УКПТ», обоснованно отличные особенности и функции. Представлено назначение устройства центральной сигнализации «НЕВА-СИГНАЛ», его технические характеристики.

**Ключевые слова:** контроль и диагностика, генераторы, масляные трансформаторы, автоматизация систем, технологические параметры.

## **ANALYSIS OF AUTOMATED SYSTEMS OF CONTROL AND DIAGNOSIS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF GENERATORS AND OIL TRANSFORMERS**

I. Batsurovska

### *Summary*

The article presents the analysis of automated control systems and diagnostics of technological parameters of generators and oil transformers. Potential possibilities of automated control and diagnostic systems of technological parameters of generators and oil transformers on the example of automated control and diagnostic systems "NEVA-ASKDT", "NEVA-ASKDG" and devices for determining damaged feeder "NEVA-OPF", control of isolation of a network of a direct current "NEVA-UKPT" and the

device of the central alarm system "NEVA-SIGNAL" are analyzed. It is determined that the main functions of the automated system "NEVA-ASKDT" include diagnosing the technical condition of the transformer and its systems on a set of measured parameters, presenting data in the form of mnemoschemes, tables and graphs on the local monitor and workstation of the operator, archiving data and events and transmission of measurement data and events to the station's ACS network via Ethernet 10/100 channels. The technological scheme of functioning of the automated system of control and diagnostics of the NEVA-ASKDG generator is presented. The possibilities of the device for determining the damaged feeder "NEVA-OPF" are highlighted. It is noted that all the results of determining the damaged feeder are stored in the data file in "xml" format, namely for each of the sections of the object is stored section ID, the total number of recorded damage, for each of the damage is recorded date and time. The main functions and technological characteristics of the device of control of isolation of a network of a direct current "NEVA-UKPT" are presented, distinctive features and functions are substantiated. The purpose of the central alarm device "NEVA-SIGNAL", its technical characteristics are presented.

**Key words:** control and diagnostics, generators, oil transformers, system automation, technological parameters.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО СПЕКТРУ  
ВИПРОМІНЮВАННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ В  
КОМПЛЕКТНИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЯХ ПРИ  
ВИНИКНЕННІ ПРОБОЯ ІЗОЛЯЦІЇ**

Цибулевський Ю. Є., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2032-2782

Пархоменко Р. О., асистент

ORCID: 0000-0003-1770-1631

*Криворізький національний університет*

Тел. (096) 532-77-72

*Постановка проблеми.* Дугові короткі замикання виникають у комплектних розподільчих пристроях у результаті електричного пробоя ізоляції між фазами або між фазами та землею. Іскра – це короткочасний, а дуга безперервний пробій ізоляції при якому навантаження підтримує струм витoku. При цьому різко підвищується температура, виникає звукова ударна хвиля, світловий спалах та електромагнітне випромінювання. Стовп електричної дуги може переміщуватися по силовим лініям зі швидкістю до 200 м/с, амплітуда потужності дуги змінюється з частотою 100 Гц [1]. Дугові замикання на протязі до 100 мс у 90 % не створюють великої небезпеки для обладнання і персоналу, розряд  $t < 1$  мс взагалі не становить загрози [2], але якщо час розряду збільшується, то це може призвести до великих пошкоджень [3]. За статистикою США з 1992 по 2001 рік 1710 травм викликані опіками від електричної дуги [4]. Для пасивного дугового захисту використовують дугостійку стінку між сусідніми комірками, але сітчасте обгородження старих комірок не забезпечить необхідний захист.

Можливість прискорення спрацьовування захисту від дугового замикання може суттєво скоротити кількість травм від дугових замикань у системах електропостачання. В рамках цього дослідження визначено фактори, які виникають під час дугового розряду та визначено можливість їх використання для прискорення роботи захисту від дугового замикання. Це може бути досягнуто розширенням спектру чутливості оптичного датчика за рахунок використання ультрафіолетового випромінювання без його заміни.

*Аналіз останніх досліджень.* Деградація ізоляції є однією з найчастіших причин відмови електричних компонентів [5]. Було доведено, що частковий розряд є надійний показник, рання діагностика якого дозволяє уникнути повного розбиття постраждалого компонента системи електропостачання. Звичайні вимірювальні системи часткових розрядів мають певні труднощі в вимірюванні, особливо в онлайнних умовах та в шумному оточенні [6].

Наслідки розпаду ізоляції добре відомі. Тенденція полягає у переході від звичайного автономного тестування до онлайн-моніторингу для прогнозування ресурсу ізоляції, що призводить до включення високочастотного шуму в захоплені сигнали [7].

Однак статистика свідчить, що не завжди вдається попередити аварії на стадії виникнення часткових розрядів. При розвитку процесу деградації ізоляції досить часто часткові розряди переходять у стадію дугових замикань з повним перекриттям ізоляції. На цій стадії для попередження подальшого розвитку аварії необхідно використовувати датчики для виявлення електричного пробою ізоляції. У документі [8] наводиться технологічний огляд дугового захисту в розподільчих пристроях з повітряним ізолятором. Він охоплює весь діапазон, починаючи від аспектів дизайну розподільчих пристроїв до ультрашвидкого усунення дуги. А робота [9] представляє оцінку небезпеки виникнення дугового розряду в системі розподілу електроенергії, включаючи джерела генерації (ДГ).

Датчики, які використовують для виявлення електричного пробою ізоляції підрозділяють на чотири групи [1]:

1. Захисти у функції від тиску (клапанний та мембранний захист,
2. Температурний захист.
3. Антенний датчик, який реагує на іонізацію повітря безпосередньо біля місця дугового розряду.
4. Оптичні сенсори.

Перші три групи захистів мають свої недоліки. До четвертої групи відносяться окремі фотоелементи або лінзи з круговою направленістю, у яких по оптичному волокну сигнал передається у блок детектора або відкритий волоконно-оптичний сенсор (датчик) без ізоляції довжиною 30–60 м, який петлею охоплює об'єм декількох комірок. Недоліком оптичних датчиків є їхнє помилкове спрацьовування на сонячне світло або на блиск дуги електрозварювального апарата. Тому, що відомо багато помилкових спрацьовувань пристроїв дугового захисту, тому вони блокуються з додатковими реле максимального струмового захисту або з детекторами помилок на трансформаторах струму 1А/5А [4]. Вважається, що мінімальними умовами виникнення нестійкої дуги є струм біля 0,5 А та напруга 15–20 В.

Крім вище вказаних властивостей дуговий розряд супроводжується звуковим, електромагнітним та гамма-випромінюванням, а при великій потужності розряду виникає вибух.

Проблемою, яка потребує вирішення, є необхідність прискорення спрацьовування захисту від дугового замикання. Це можливо за рахунок відмови від його блокування з релейними схемами максимального струмового захисту та зменшення впливу сонячного випромінювання на роботу ЗДЗ (захисту від дугового

замикання).

Чим швидше може бути виявлена і ліквідована дуга, що виникла в розподільних пристроях, тим менше ризик для персоналу отримання серйозної травми або смерті [10]. Інші переваги мінімізації часу зварювання включають зниження додаткового збитку, зниження часу простою виробництва та, як наслідок, зниження вимог до індивідуальних засобів захисту (ІЗЗ).

Зазвичай при реєстрації дугового розряду використовують фототиристори, що реєструють вузьку частину видимого оптичного спектру на межі з інфрачервоним. Для визначення місця дугового розряду використовують різницю часу надходження світлового імпульсу до кінців світловоду. Це зумовлює малу точність визначення точки дугового розряду.

Один з нових методів для виявлення несправності типу дугового замикання в електричній установці змінного струму заснований на використанні однофазного фільтра активної потужності (APF) [11].

Таким чином, не вирішеною на сьогоднішній день є задача підвищення чутливості захисту від дугового замикання. Але це можливо шляхом перетворення ультрафіолетового випромінювання у видиму частину оптичного спектру, що дозволить розширити спектр оптичного датчика в область УФ випромінювання і відповідно дасть можливість підвищити його чутливість.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Ціль дослідження – розробка оптичного датчика дугового захисту, що дасть можливість підвищити чутливість пристрою захисту від дугових замикань.

Для досягнення вказаної цілі були поставлені наступні задачі:

- розширити діапазон чутливості оптичного датчика;
- розробити пристрій для одночасного вимірювання у ультрафіолетовому, інфрачервоному та оптичних спектрах;

*Основна частина.* При згорянні хімічні елементи випромінюють спектр характерний для кожного окремого елемента. Ці спектри отримують при спалюванні у ацетиленово-повітряному полум'ї або при взаємодії з електричною дугою, або при взаємодії з електричною іскрою. Ці дані наведені у великих атласах дугових та іскрових оптичних спектрів, які виявилися дуже корисними для розшифрування результатів оптичних досліджень електричної дуги. У табл. 1 наведені спектральні лінії для декількох хімічних елементів, які мають можливість потрапити під дію електричного розряду на підстанції або у розподільчому пункті [12]. Для детального аналізу виберемо шість найбільше розповсюджених елементів: алюміній, вольфрам, залізо, мідь, нікель та свинець. З табл. 1 видно, що основна частина (15 чутливих ліній) припадає на УФ частину спектра з довжиною хвиль <380 нм, а видиму частину (фон) випромінювання складають численні мало інтенсивні лінії, а також випромінювання

продуктів згоряння у полум'ї до 670 нм.

Таблиця 1 – Довжина хвиль випромінювання дугових та іскрових спектрів окремих хімічних елементів [12]

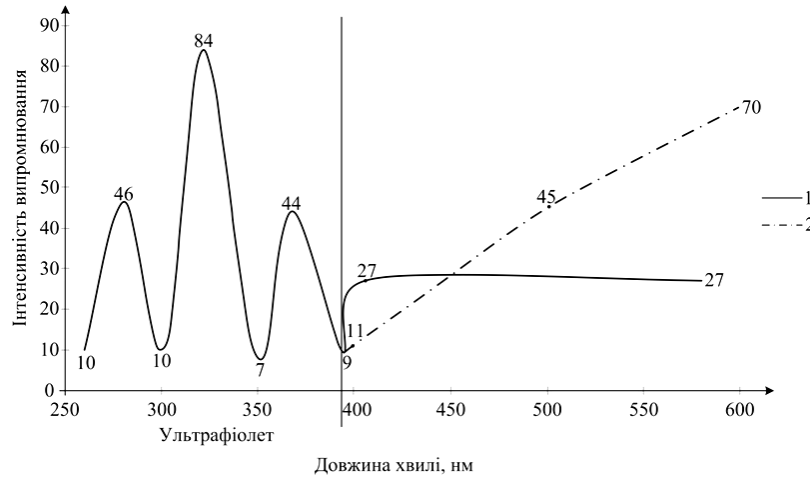
Хімічний елемент	Число ліній		Чутливі лінії, нм	Інтенсивність
	Дуга	Іскра		
Алюміній – Al	23	19	308,2	8
			309,2	9
			394,4	9
			396,1	10
Водень – H <sub>2</sub>	-	1	656,2	(2000) - Іскра
Вольфрам - W	34	49	289,6	7
			294,4	7
			291,6	7
			400,8	6
Залізо – Fe	15	10	259,9	10
			302,0	9
			358,1	9
			371,9	9
			385,9	10 – полум'я
Мідь – Cu	74	68	324,7	>10
			327,3	>10
Нікель – Ni	73	57	341,4	9
			349,2	7
			352,4	9
Олово – Sn	45	45	283,9	10
			300,9	10
			303,4	10
			317,5	10
			326,2	9
Свинець – Pb	39	39	280,2	8
			283,3	8
			405,7	8
Вуглець – C	1	12	247,8	400

Сумарні спектральні характеристики показані на рис. 1.

Спектр характеристик будують з інтервалом 50–100 нм, а у області максимуму через кожні 10–20 нм. Аналіз спектрів показав, що для швидкого виявлення іскрового розряду ще до того як він перейшов у дуговий необхідно вибрати оптичний детектор чутливий до ультрафіолетового випромінювання.

Існуючі схеми захисту від дугового замикання обладнано кремнієвими фотоелементами. Це обумовлено тим, що максимум їхньої диференціальної характеристики припадає на максимум

випромінювання полум'я електричної дуги в області (0,7–1,1) нм. В основному це приймачі з внутрішнім підсилюванням фотоструму: лавинні фотодіоди, фототранзистори, польові фототранзистори та фототиристри, які набули найширшого застосування у схемах захисту від дугового замикання.



1 – іскровий та дуговий спектр випромінювання обраних металів; 2 – спектральна характеристика відносної чутливості кремнієвого фотоелемента.

Рис. 1. Сумарні спектральні характеристики.

Дуговий розряд зручно досліджувати на електрозварювальних апаратах. Ультрафіолетове випромінювання розподіляють на три спектри: УФ-А (315–400) нм, УФ-Б (280–315) нм, УФ-С (200–280) нм. При цьому найбільш жорстким є УФ-С, яке при струмі 200 А має інтенсивність випромінювання до 5 Вт/м<sup>2</sup>, що є шкідливим для людини на відстані більше 60 метрів [13]. Спектр розряду зварювальної дуги складається з 70 % ультрафіолетового, 15 % видимого та 15 % інфрачервоного випромінювання.

Спектр УФ-С з довжиною хвилі менше 280 нм відсутній у Сонячному випромінюванні на поверхні Землі [14]. Це пояснюється тим, що шар озону повністю поглинає цю частину спектру і вона не доходить до поверхні Землі. Для датчиків «жорсткого» УФ випромінювання використовують широкозонні матеріали на основі фосфіда галлія, нітридів галлія і алюмінія, карбіда кремня і алмаза. Але вказані пристрої в умовах реальних комірок або розподільних пунктів не набули належного розповсюдження, що пояснюється їхньою великою вартістю та не достатньою інформацією у технічній літературі. Тому для переведення не видимого ультрафіолетового випромінювання в область видимого оптичного спектра було обрано застосування фотохромних матеріалів, кристалофосфорів або флюоресцентних барвників. Як правило, при цьому спектральні здвиги лежать у межах між ультрафіолетовою та видимою частинами спектру. Чим вище потужність випромінювання, тим швидше вихідна

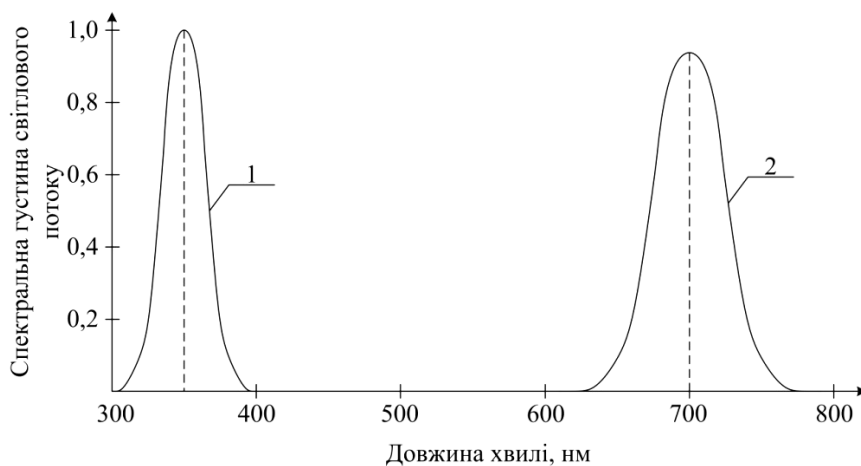
фотоформа перейде з ультрафіолетової у видиму частину оптичного спектра.

Для подальшого дослідження були обрані фототиристри типу ТФ 132-25-10, які більше як 20 років використовуються у схемах захисту від дугових замикань. Час спрацьовування захисту  $10^{-5}$  сек. Номінальний струм 25 А, напруга 1000 В. Потужність управляючого світлового потоку від 1,0 до 1000 МВт.

Фототиристри мають цілий ряд переваг у порівнянні з іншими напівпровідниковими оптичними датчиками: висока навантажувальна спроможність при низькій потужності керуючого сигналу, можливість запам'ятовування після зняття керуючого сигналу, висока швидкодія, висока чутливість.

Для зняття характеристик фототиристора у видимому та інфрачервоному спектрі було обрано лампу розжарювання типу БК215-225-60 напругою 220 В, потужністю 60 Вт з світловим потоком 750 лм. Подібна лампа рекомендована заводом-виробником для контролю спрацьовування фототиристорів на світловий сигнал. При живленні від 12 В постійного струму фототиристор спрацьовує від світла 60-ватної лампи на відстані 10 см.

Для переведення ультрафіолетового випромінювання дугового розряду у спектр до якого чутливий фототиристор було використано червоний барвник-флюорофор. А джерелом ультрафіолетового випромінювання обрано ртутну лампу з колбою із світлофільтром УФС-3. Резонансна лінія ртуті має довжину хвилі випромінювання 253 нм. Корпус лампи з середини покритий люмінофором, який випромінює хвилі (300–400) нм з максимумом 350 нм. Збудження спектру флюорофора показано на рис. 2.

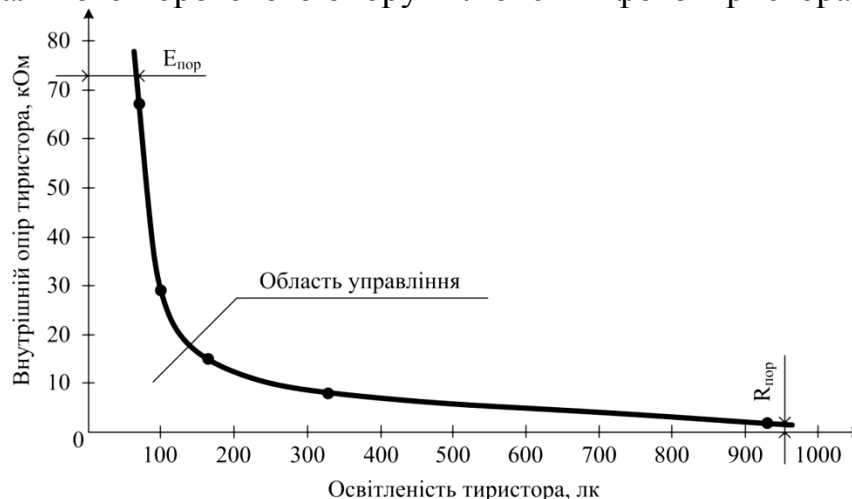


1 – спектр ртутної лампи; 2 – спектр випромінювання флюорофора.

Рис. 2. Залежність інтенсивності випромінювання від довжини хвилі.

Крива на рис. 3 ілюструє характеристику управління фототиристора: від порогового мінімуму нечутливості освітлювання,

до мінімального порогового опору включення фототиристора.



$E_{пор}$  – поріг освітленості, лк;  $R_{пор}$  – внутрішній пороговий опір тиристора, кОм.

Рис. 3. Залежність внутрішнього електричного опору фототиристора від величини світлового потоку.

Область управління знаходиться між кривою та осями координат. Чим більша освітленість світлового входу фототиристора, тим менший його опір: струм включення залишається постійним, а напруга включення зменшується майже до нуля. Світловий потік від флюорофору викликає додаткове зменшення внутрішнього електричного опору, що сприяє підвищенню чутливості фототиристора.

*Висновки.* Дослідження оптичного спектру випромінювання металів під дією дугового розряду показали, що 70 % цього випромінювання припадає на ультрафіолетову частину і по 15 % на видиму та інфрачервону частини спектра [14]. Датчики дугового захисту виконані на основі кремнієвих напівпровідників, які не реагують на ультрафіолет тому, що їхня максимальна чутливість знаходиться у інфрачервоній зоні та у зоні видимого оптичного спектру [16]. Для перетворення ультрафіолетового випромінювання у спектр видимий датчикам дугового захисту був використаний флюоресцентний барвник, який під дією УФ випромінювання світиться червоним світлом. У якості джерела УФ випромінювання була використана електрична лампа, випромінювання під дією якої випромінювання флюорофору підвищило сигнал на виході фототиристора на 15 %.

Авторська розробка відрізняється методикою визначення вкладу перетвореного ультрафіолетового випромінювання у видиму частину спектру, що дає додаткове зменшення внутрішнього опору фототиристора і відповідно підвищує його чутливість при уведенні флюоресцентного екрану.

**Список використаних джерел**

1. Оптические датчики для систем дуговой защиты комплектных распределительных устройств. *Энергетик*. 2007. № 1. С. 31–33.
2. Основные преимущества и эксплуатационные возможности оптоволоконных дуговых защит / Б. В. Михайлов и др. *Информация и Системы Управления в Промышленности*. 2012. № 4 (40). С. 26–32.
3. Мудрик Р. И., Пасько А. Н. Быстродействующие дуговые защиты в закрытых распределительных устройствах 6(10) кВ. *Электрические сети и системы*. 2011. № 5. С. 34–45.
4. Эффективность дуговой защиты Arcdet AQ 100. *Главный энергетик*. 2014. № 4. С. 13–20.
5. Electromagnetic sensing for predictive diagnostics of electrical insulation defects in MV power lines / M. Shafiq et al. *Measurement*. 2015. Vol. 73. P. 480-493. DOI: 10.1016/j.measurement.2015.05.040.
6. Allahbakhshi M., Akbari A. A method for discriminating original pulses in online partial discharge measurement. *Measurement*. 2011. Vol. 44, № 1. P. 148-158. DOI: 10.1016/j.measurement.2010.09.036.
7. Performance evaluation of noise reduction method during on-line monitoring of MV switchgear for PD measurements by non-intrusive sensors / G. A. Hussain et al. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2015. Vol. 64. P. 596-607. doi: 10.1016/j.ijepes.2014.07.057.
8. Aspects of arc-flash protection and prediction / L. Kumpulainen et al. *Electric Power Systems Research*. 2014. Vol. 116. P. 77-86. DOI: 10.1016/j.epsr.2014.05.011.
9. Arc Flash Hazard in Distribution System with Distributed Generation / W. Kanokbannakorn et al. *Procedia Computer Science*. 2016. Vol. 86. P. 377-380. DOI: 10.1016/j.procs.2016.05.106.
10. Arc flash – Safety at the speed of light. URL: [https://www.electricalreview.co.uk/features/7650Arc\\_flash\\_-\\_Safety\\_at\\_the\\_speed\\_of\\_light.html](https://www.electricalreview.co.uk/features/7650Arc_flash_-_Safety_at_the_speed_of_light.html) (дата звернення: 12.02.2021).
11. Shunt active power filter-based approach for arc fault detection / S. Jovanovic et al. *Electric Power Systems Research*. 2016. Vol. 141. P. 11-21. DOI: /10.1016/j.epsr.2016.07.011.
12. Русинов А. К., Ильясова Н. В. Атлас пламенных, дуговых и искровых спектров элементов. Москва: Госгеолтехиздат, 1958. 120 с.
13. Левченко О. Г., Малахов А. Т., Арламов А. Ю. Ультрафиолетовое излучение при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. *Автоматическая сварка*. 2014. № 6. С. 155-158.
14. Лазоренко Я. П., Шаповалов Е. В., Коляда В. А. Анализ спектра излучения сварочной дуги для мониторинга дуговой сварки. *Автоматическая сварка*. 2011. № 11. С. 24–27.
15. Fiber-optic arc flash sensor based on plastic optical fibers for simultaneous measurements of arc flash event position / H. Jeong et al.

*Optical engineering.* 2017. Vol. 56, № 2. 027103.  
DOI: 10.1117/1.OE.56.2.027103.

16. Вечканов А. В., Майоров М. И., Никишин Е. В. Солнечно-слепые датчики ультрафиолетового излучения на основе GАР–диода и люминофора. *Успехи современной науки и образования.* 2016. Т. 5, №12. С. 85–89.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО СПЕКТРУ  
ВИПРОМІНЮВАННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ В  
КОМПЛЕКТНИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЯХ ПРИ  
ВИНИКНЕННІ ПРОБОЯ ІЗОЛЯЦІЇ**  
Цибулевський Ю. Є., Пархоменко Р. О.

*Анотація*

У статті наведено результати дослідження оптичного спектру випромінювання дугового розряду в розподільчих пристроях при виникненні пробоя ізоляції. Визначено фактори, які виникають під час дугового розряду, та визначено можливість їх використання для прискорення роботи захисту від дугового замикання. Розглянуто можливість прискорення спрацьовування захисту від дугового замикання за рахунок відмови від його блокування з релейними схемами максимального струмового захисту та зменшення впливу сонячного випромінювання на роботу ЗДЗ (захисту від дугового замикання). Обґрунтовано можливість розроблення більш досконалого пристрою для захисту від дугових замикань, який дозволяє розширити спектр оптичного датчика в область ультрафіолетового випромінювання. Це пов'язано з тим, що 70 % випромінювання дугового розряду припадає на область ультрафіолету і тільки по 15% на видимий та інфрачервоний спектр оптичного випромінювання.

**Ключові слова:** спектр, датчик, випромінювання, чутливість, захист.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ  
ДУГОВОГО РАЗРЯДА В КОМПЛЕКТНЫХ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПРИ  
ВОЗНИКНОВЕНИИ ПРОБОЯ ИЗОЛЯЦИИ**  
Цыбулевский Ю. Е., Пархоменко Р. А.

*Аннотация*

В статье приведены результаты исследования оптического спектра излучения дугового разряда в распределительных устройствах при возникновении пробоя изоляции. Определены факторы, которые возникают во время дугового разряда, и определена возможность их использования для ускорения работы защиты от дугового замыкания. Рассмотрена возможность ускорения срабатывания защиты от дугового замыкания за счет отказа от его блокирования с релейными схемами максимальной токовой защиты и уменьшения влияния солнечного излучения на работу ЗДЗ (защиты от дугового замыкания). Обоснована возможность разработки более совершенного устройства защиты от дуговых замыканий, который позволяет расширить спектр оптического датчика в область ультрафиолетового излучения. Это связано с тем, что 70% излучения дугового разряда приходится на область ультрафиолета и только по 15% на видимый и инфракрасный спектр оптического излучения.

**Ключевые слова:** спектр, датчик, излучение, чувствительность, защита.

## **STUDY OF THE OPTICAL RADIATION SPECTRUM OF THE ARC DISCHARGE IN COMPLETE DISTRIBUTION DEVICES WHEN INSULATION BREAKDOWN**

Yu. Tsybulevsky, R. Parkhomenko

### *Summary*

The article presents the results of a study of the optical spectrum of radiation of an arc discharge in switchgears when insulation breakdown occurs.

The factors that arise during an arc discharge are determined, and the possibility of their use to accelerate the operation of protection against an arc fault is determined. This makes it possible to create a combined device for accurate detection of the arc discharge. In particular, the sensitivity spectrum of the optical sensor can be expanded by using ultraviolet radiation without replacing it.

The possibility of accelerating the operation of protection against arc short circuits by rejecting its blocking with relay circuits of maximum current protection and reducing the influence of solar radiation on the operation of the protection against arc short circuit is considered.

The possibility of developing a more advanced arc fault protection device, which makes it possible to expand the spectrum of the optical sensor to the UV region, has been substantiated.

A solution to the problem of increasing the sensitivity of arc fault protection is proposed. This is possible by converting ultraviolet radiation into the visible part of the optical spectrum, which will expand the sensitivity spectrum of the optical sensor to the region of ultraviolet radiation and, accordingly, will increase its sensitivity. This is due to the fact that 70% of the arc discharge radiation falls on the ultraviolet region and only 15% on the visible and infrared spectrum of optical radiation.

The results obtained give grounds to assert that it is possible to implement a combined protection device for detecting arc faults in real industrial production, as well as to expand the spectral sensitivity of optical sensors. A combined device has also been developed for detecting an arc discharge using an ultrasonic system.

**Key words:** spectrum, sensor, radiation, sensitivity, protection.

*КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ*

УДК 519.68

DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-310-316

**ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ З  
ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНІ**

Івженко О. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1559-3825

Антонова Г. В., ст. викладач

ORCID: 0000-0001-9269-6356

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-24-36

*Постановка проблеми.* Зараз на світовому ринку наукомістких промислових виробів чітко спостерігаються три основні тенденції: підвищення складності й ресурсоемності виробів, підвищення конкуренції на ринку й розвиток кооперації між учасниками життєвого циклу виробу. Найбільш прогресивною та перспективною умовою удосконалення процесу проектування є створення і впровадження в практику систем автоматизованого проектування (САПР), забезпечених сучасними ПЕОМ з розвиненими термінальними системами. Автоматизація підготовки виробництва дає можливість підприємствам швидко реагувати на зміну попиту, у короткий термін випускати нові види продукції, швидко модернізувати продукцію, що випускається, відслідковувати життєвий цикл виробів, ефективно підвищувати якість.

Базовою деталлю є плита. У конструкції цієї деталі є конструктивні елементи, для формоутворення яких доцільно застосувати 5-ти осьову обробку.

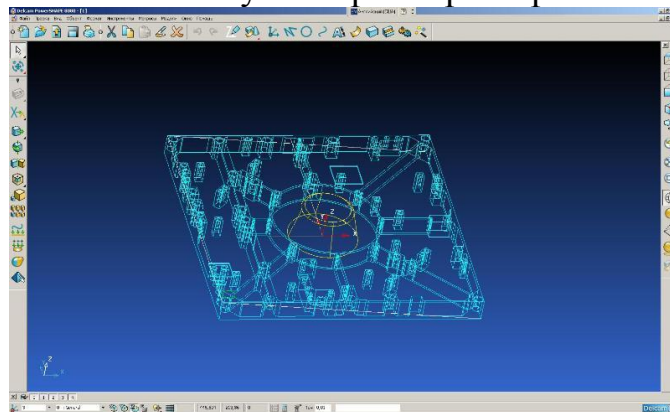
*Аналіз останніх досліджень.* Сучасний ринок програмного забезпечення автоматизації підготовки виробництва насичений найрізноманітнішими універсальними САПР, що здатні полегшити роботу проектувальника. Разом з тим, не дивлячись на величезну кількість такого виду інструментальних засобів автоматизації інженерної діяльності, універсальні системи часто недостатньо ефективні для вирішення конкретного завдання користувача, найчастіше інформаційно несумісні. Виникає необхідність в розробці узагальненої функціональної схеми процесу автоматизованого проектування.

Робота за технологією виготовлення відповідальної деталі віднесена до розряду високих технологій, характеристикою яких є: наукоємність, системність, математичне моделювання з метою структурно-параметричної оптимізації, високоефективний робочий процес розмірної обробки, комп'ютерне технологічне середовище і

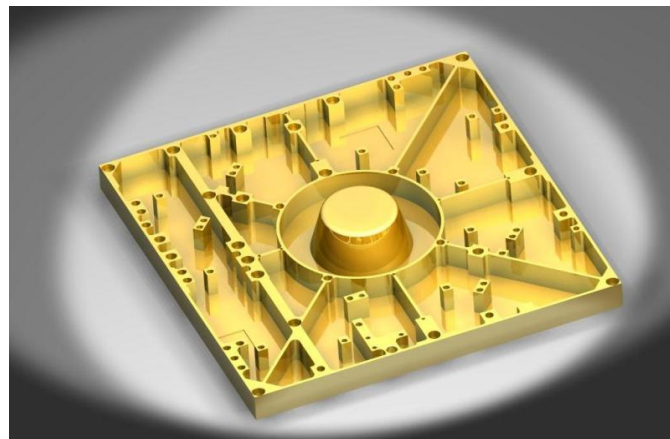
автоматизація всіх етапів проектування та реалізації на базі сучасного металообробного обладнання з використанням повного пакета прикладних програм. Характеристика деталі: деталь виконана з високоміцного легкого сплаву, має складну геометричну поверхню конструктивних елементів різного призначення.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* З метою дотримання високої точності розмірів і якості поверхні уперше для виготовлення такої деталі використано 5-ти осьова обробка при єдиній базі і однієї установи. Відмітною особливістю розробленої технології є можливість агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь (циліндричних, конічних, трапецієвидних), що раніше було ускладнене або неможливе при використанні традиційних способів виробництва багатофункціональних деталей. Метою статті є розробка функціональної схеми процесу автоматизованого проектування з врахуванням сучасних умов виробництва.

*Основна частина.* Розроблена CAD- модель деталі «Плита» в програмі Power Shape показана на рис.1. Деталь виконана з алюмінієво-магнієвого сплаву. Габаритні розміри 400x400 мм .



a)



б)

a) – CAD–проект деталі в програмі Power Shape;  
б) – фотореалістика деталі.

Рис. 1. CAD–проект деталі «Плита» в програмі Power Shape.

Для обробки деталі "Плита" вибраний верстат "OCUMA". Для забезпечення точності базування передбачено спеціальне пристосування, що встановлюється на поворотному столі верстата.

Обробка починається з центру деталі, тобто з конуса, розташованого по центру оброблюваної заготовки. Далі буде вестися 5-ти осьова обробка по секторам деталі і плавно переходячи до основи плити, де вона кріпиться. Вирішуючи таку задачу, в процесі обробки, різання ведеться з центру плити до її краю, при цьому ми уникаємо ймовірності поломки або зсуву опори (пристосування) у разі початкової обробки країв деталі. Також дотримання при цьому жорсткості системи в процесі різання, зберігається стійкість інструменту і точність робочих органів верстата, так як при різанні виникають вібрації, які негативно впливають на якість обробленої поверхні і на точність балансування шпинделя верстата, оснащення і застосовуваного допоміжного інструменту.

Схема обробки:

- обробка конуса по центру деталі;
- обробка секторів;
- обробка елементів підстави плити, в місцях кріплення.

На рис. 2 приведені фрагменти технологічного процесу обробки деталі «Плита».

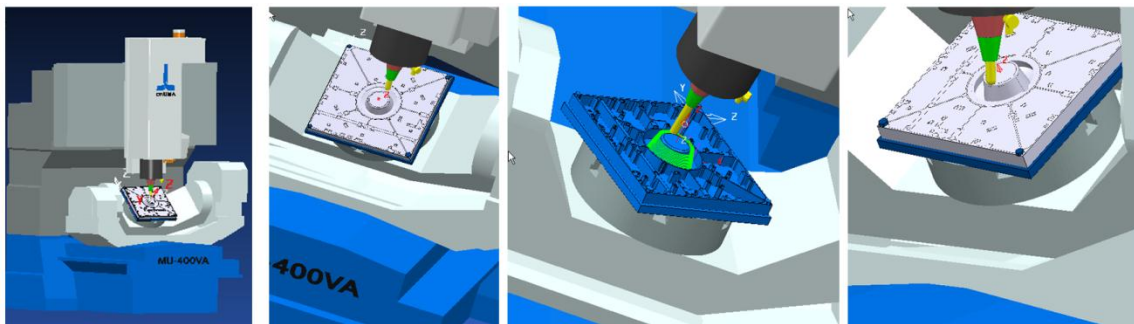


Рис. 2. Фрагменти технологічного процесу обробки деталі «Плита».

В проєкті було створено постпроцесор для 5-ти осьового верстата "OCUMA MU - 400va", для цього була використана програма PMPost (рис. 3).

З метою дотримання високої точності розмірів і якості поверхні уперше для виготовлення такої деталі використано 5-ти осьова обробка при єдиній базі і одного установка.

Відмітною особливістю розробленої технології є можливість агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь (циліндричних, конічних, трапецієвидних), що раніше було ускладнене або неможливе при використанні традиційних способів виробництва багатofункціональних деталей.

Элемент	Назначено	Значение									
Block Number	Нет										
Вывод в программу	Зависимость	Следующий вывод	Система вывода								
Как в формате	Как в формате	Игнорировать									
Элементы											
1	Block Number	Comment_A									
2	Block Number	Comment_C									
3	Block Number	Motion Mode	Cutter Compen...	X	Y	Z	Machine A	Machine C	Spindle Speed	Spindle Dir	
4	Comment_A										
5	Comment_C										
6	Block Number	Coolant Mode									

Рис. 3. Проведення синтаксису системи ЧПУ "OSP-P200M" в усіх підблоках.

*Висновки.* В роботі запропоновано функціональну схему процесу автоматизованого проектування (з врахуванням сучасних умов виробництва), що дозволяє підвищити продуктивність праці проектувальників, скоротити терміни проектування та витрати на розробку технічної документації, збільшити кількість річних проектів. На прикладі деталі «Плита» було перевірено дієздатність запропонованої підсистеми проектування конструкторської документації, зокрема: проведемо статичний аналіз напружено-деформованого стану за допомогою програмної системи кінцево-елементного аналізу ANSYS та розроблено спеціалізовану САПР з використання технології API КОМПАС та API AutoCAD.

Показано, що задана точність конструктивних елементів забезпечується інтеграцією класичних методів проектування обробки деталі з САМ-методами і вибору стратегії обробки.

Забезпечена прискорена підготовка виробництва базової деталі з високими функціональними характеристиками, якістю поверхні і точності розмірів, які не можуть бути забезпечені традиційними способами механічної обробки.

### Список використаних джерел

1. Аверченков В. И., Каштальян И. А., Пархутик А. П. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учебное пособие. Минск: Вышая школа, 2003. 288 с.

2. Учебное пособие по CAD/CAM-системе Cimatron 10. Моделирование. Конструирование. Черчение / В. В. Верещагин и др. Казань, 2006. 252 с.

3. Гулин В. В., Федоров О. В. Роль компьютерной графики в подготовке инженера. URL: <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/9213/1/2007> (дата звернення: 12.03.2021).

4. Гребеников А. Г. Основы компьютерного моделирования с помощью интегрированной системы CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPHICS NX. Харьков, ХАИ, 2004. 289 с.

5. Моделирование элементов каркаса поверхностей, заданных массивом точек / Е. А. Гавриленко, Ю. В. Холодняк, В. О. Пахаренко, А. М. Подкоритов. *Сучасні проблеми моделювання* / МДПУ. – Мелітополь, 2019. Вип. 13. С. 37-41.

6. Дубик Я., Токунов В. Применение CAD/CAM/CAQ-технологий для восстановления знака выпускника. *Сотрудничество Delcam Ltd с университетами Украины: сборник отчетов учебных центров Delcam*. 2008. 10-й сборник отчетов. С. 65-82.

7. Гавриленко Є. А., Івженко О. В. Пихтєєва І. В. Методика комп'ютерного моделювання динамічних поверхонь. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-65.

8. Івженко О. В. Алгоритм глобального згущення опуклої дискретно представленої кривої за допомогою рівноланкової ДПК. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали форуму, 25-26 червня 2019 р.* / ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Ч. 2. С. 41-43.

9. Івженко О. В., Пихтєєва І. В., Коломієць С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка як складова загальної інженерної підготовки здобувачів вищої освіти вищих технічних навчальних закладів. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 247-251.

10. Кунву Ли. Основы САПР CAD/CAM/CAE. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 560 с.

11. Потемкин А. Трехмерное твердотельное моделирование. Москва: КомпьютерПресс, 2008. 296 с.

12. Скворцов А. В., Схиртладзе А. Г. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств. Москва: Высшая школа, 2010. 589 с.

13. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. [Чинний від 1994-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1994. 91 с.

14. ДСТУ ISO/IEC 2382:2017. Інформаційні технології. Словник термінів (ISO/IEC 2382:2015, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2019. 463 с.

## ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНІ

Івженко О. В., Антонова Г. В.

### *Анотація*

Питанням автоматизації інженерної діяльності в технологічній підготовці виробництва (ТПВ) завжди приділялася велика увага при впровадженні єдиної системи на підприємствах. При цьому об'єктами автоматизації є, як правило, процеси проектування технологічних процесів, окремих видів засобів технологічного оснащення, розробка програм для верстатів з ЧПК. Автоматизація рішення цих завдань здійснюється в рамках створення системи автоматизованого проектування. Як же взаємопов'язані між собою САПР, створювані в сфері ТПВ, і автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ)? АСТПВ – це система технологічної підготовки виробництва, основа «організації якої становить системне застосування засобів автоматизації інженерно-технічних робіт, що забезпечує оптимальну взаємодію людей, машинних програм і технічних засобів автоматизації при виконанні функцій технологічної підготовки виробництва».

В роботі розглянуто питання розробки функціональної схеми процесу автоматизованого проектування з врахуванням сучасних умов виробництва. Новизна отриманих результатів полягає в наступному : 1) створено САД- моделі деталі «Плита» в програмі Power Shape, 2) розроблено технологічний процес виготовлення деталі, розробленої керуючою програмою на устаткування з ЧПК, 3) проведено статичний аналіз напружено-деформованого стану за допомогою програмної системи кінцево-елементного аналізу ANSYS та розробка спеціалізованої САПР з використанням технології API КОМПАС та API AutoCAD, 4) розроблено API програми, що дозволяє змінювати геометричні параметри моделі, і дає можливість технологу, конструктору та інженеру-програмісту підвищити продуктивність праці 5) забезпечено прискорена підготовка виробництва базової деталі з високими функціональними характеристиками, якістю поверхні і точності розмірів, які не можуть бути забезпечені традиційними способами механічної обробки.

**Ключові слова:** системи автоматизованого проектування, технологічна система виробництва, автоматизовані системи управління, якість поверхні і точність розмірів.

## ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТИ

Ивженко А. В., Антонова Г. В.

### *Аннотация*

Вопросам автоматизации инженерной деятельности в технологической подготовке производства (ТПВ) всегда уделялось большое внимание при внедрении единой системы на предприятиях. При этом объектами автоматизации являются, как правило, процессы проектирования технологических процессов, отдельных видов средств технологической оснастки, разработка программ для станков с ЧПУ. Автоматизация решения этих заданий осуществляется в рамках создания системы автоматизированного проектирования. Как же взаимосвязаны между собой САПР, создаваемые в сфере ТПВ, и автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПВ)? АСТПВ - это система технологической подготовки производства, основа "организации которой представляет системное применение средств автоматизации инженерно-

технических работ, которая обеспечивает оптимальное взаимодействие людей, машинных программ и технических средств автоматизации при выполнении функций технологической подготовки производства".

В работе рассмотрены вопросы разработки функциональной схемы процесса автоматизированного проектирования с учетом современных условий производства. Новизна полученных результатов заключается в следующем: 1) создании САД- модели детали «Плита» в программе Power Shape, 2) разработке технологических процессов изготовления деталей, разработанных управляющей программой на оборудование с ЧПУ, 3) проведении статического анализа напряженно-деформированного состояния с помощью программной системы конечно-элементного анализа ANSYS и разработке специализированной САПР с использованием технологии АРЕ КОМПАС и АРЕ AutoCAD, 4) разработанны АРЕ программы, позволяющие изменить геометрию модели, дающие возможность технологу, конструктору и инженеру-программисту повысить производительность труда, 5) обеспечении ускоренной подготовки производства базовой детали с высокими функциональными характеристиками, качеством поверхности и точности размеров, которые не могут быть обеспечены традиционными способами механической обработки.

**Ключевые слова:** системы автоматизированного проектирования, технологическая система производства, автоматизированные системы управления, качество поверхности и точность размеров.

## PROJECT TECHNOLOGY FOR PROCESSING BASIC PARTS WITH HIGH QUALITY SURFACE

O. Ivzhenko, G. Antonova

### *Summary*

The question of automation of engineering activity in technological preproduction (ТПБ) was always spare large attention at introduction of the single system on enterprises. Thus the objects of automation processes of planning of technological processes, separate types of facilities of the technological rigging are, as a rule,, program development for machine-tools with ЧПУ. Automation of decision of these tasks comes true within the framework of creation of computer-aided design. How associate inter se (САПР), created in the field of (ТПБ), and CAS of technological preproduction (АСТПБ): a standard interprets (АСТПБ) as a system of technological preproduction, basis of "organization of that is presented by system application of facilities of automation of technical works, that provides optimal cooperation of people, machine programs and technical equipments of automation at implementation of functions of technological preproduction".

The paper deals with the development of a functional diagram of the computer-aided design process taking into account modern production conditions. The novelty of the results obtained is as follows: creating a CAD model of the "Plate" part in the Power Shape program, developing technological processes for manufacturing parts, developed control programs for CNC equipment, conducting a static analysis of the stress-strain state using the ANSYS finite element analysis software and the development of specialized CAD systems using the АРЕ КОМПАС technology and АРЕ AutoCAD, programs developed by АРЕ that allow you to change the geometry of the model, providing the technologist, designer and software engineer with opportunities to increase labor productivity, provide accelerated preparation for the production of a base part with high functional characteristics, surface quality and dimensional accuracy that cannot be achieved with traditional machining methods.

**Key words:** computer-aided design systems, technological production system, automated control systems, surface quality and dimensional accuracy.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ARTCAM JEWELSMITH ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДИЗАЙНЕРСЬКОГО ВИРОБУ

Мацулевич О. Є., к.т.н., ORCID: 0000-0001-5553-709X  
Михайленко О. Ю., ст. викладач ORCID: 0000-0001-7587-4544  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*  
Тел. (0619) 42-24-36

*Постановка проблеми.* Пропонується удосконалення технологічного процесу виробництва на прикладі автоматизації виготовлення дизайнерського виробу з використанням програмно – апаратного комплексу ArtCAM JewelSmith.

У даній роботі представлено моделювання об'ємних виробів з використанням системи ArtCAM JewelSmith. В ході виконання проекту було продемонстровано етапи виготовлення від створення ескізу виробу та отримання STL-моделі для розробки технології масового виготовлення моделі методом тиражування в еластичних прес-формах.

Для вирішення цього завдання передбачалося виконання наступних етапів:

1. Розробка дизайну.
2. Створення 3D-моделі.
3. Розробка STL-моделі.
4. Виготовлення восківки на 3D-принтері.
5. Отримання майстер-моделі з восківки методом лиття.
6. Виготовлення прес-форми для масового отримання виробу.

*Аналіз останніх досліджень.* Завдяки сучасним технологіям, можливо, виготовити будь-які найскладніші форми. Дизайнеру завжди необхідно мати гарне уявлення про процес отримання виробу, в нашому випадку, знати технологію лиття по виплавлених моделях в форми-моноліти. Кожна технологічна задача в умовах підприємства може мати велику кількість варіантів, тому спеціалісту складно впоратися з подібним обсягом робіт, а в цих умовах вирішальною передумовою до прискореного виробництва є впровадження автоматизованих систем.

*Основна частина.* Для створення 3D-моделі в ArtCAM JewelSmith необхідно пройти кілька етапів проектування. Для створення основи виробу використовуємо «Майстер створення шинки» у вкладці «JewelSmith»: з бібліотеки шинок вибираємо

«Круглу звужену шинку», в опціях задаємо розмір і габаритні розміри (рис. 1).

Далі, використовуючи великий інструментарій ArtCAM JewelSmith по роботі з векторами, створюємо овальні форми під вставку. Вибираємо інструмент «Заливка векторів» і виробляємо заливку певними кольорами.

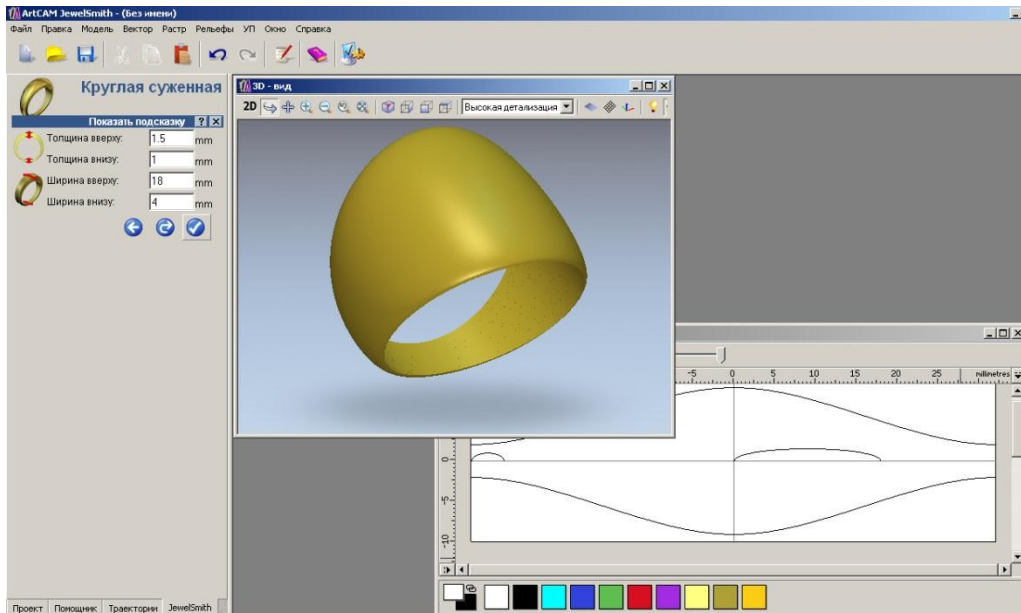


Рис. 1. Створення основи.

Використовуючи «Редактор форми», присвоюємо кольорам властивості: блакитного кольору присвоюємо плоску форму з початковою висотою 1 мм, зелений - Обнуляємо всередину на всю глибину (рис. 2).

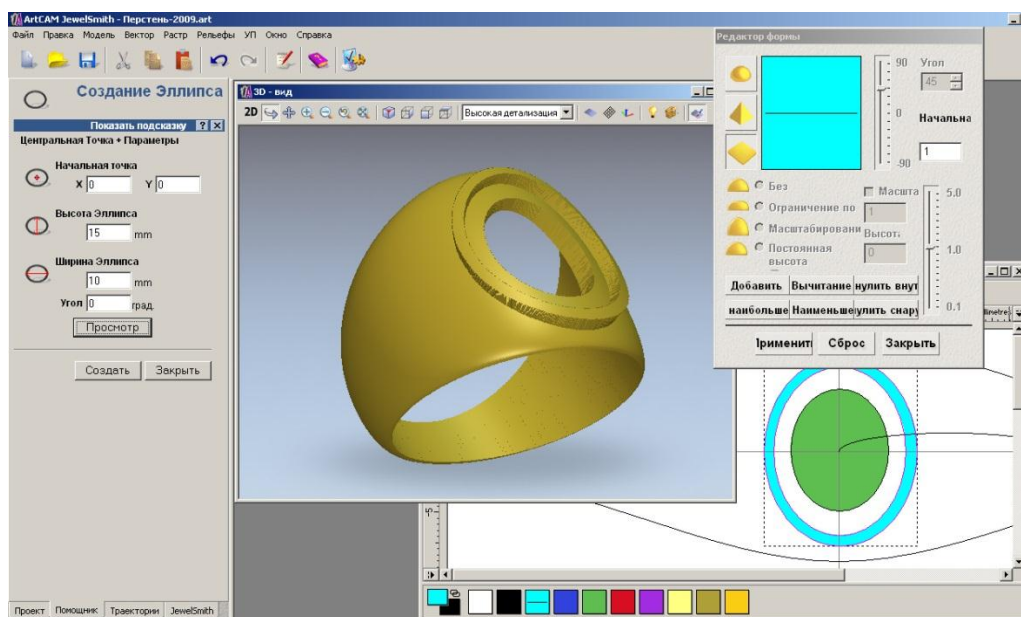


Рис. 2. Створення рельєфу для вставки.

Продовжуючи використовувати вектори з вкладки «Помічник», створюємо всі малюнки на поверхні виробу. Потім заливаємо кожен елемент своїм кольором, і кожному кольору, використовуючи «Редактор форми», задаємо потрібний рельєф. Так фіолетового кольору присвоюємо округлу форму з обмеженням по висоті і початковою висотою 1 мм. Після створення тривимірної моделі для присвоєння матеріалу, з якого буде виготовлено виріб, потрібно створити майстер-модель. Для цього необхідно, використовуючи інструмент загального редагування «Додати в майстер» у вкладці Jewel Smith, привласнити матеріал - «14ct Gold», врахувати усадку - 2%, а система зробить розрахунок маси і створить майстер-модель.

Тепер можна привласнити виробу колір, використовуючи інструмент «Освітлення, матеріал» у вкладці «Модель» на основний керуючої панелі інструментів. Вибираємо «18ct LightBox Gold», який найближче наближений до окрасу готового виробу. Потім необхідно створити вставку, яка в готовій моделі буде виконана з чорного обсидіану. Для цього створюємо нову шинку: вибираємо в заготовках «Плоску 3-х осьову шинку», задаємо габаритні розміри. Використовуючи інструменти роботи з векторами, створюємо вставку овальної форми. Отримавши тривимірну модель вставки, надаємо їй чорне забарвлення, використовуючи інструмент «Освітлення, матеріал», як видно на рис. 3.

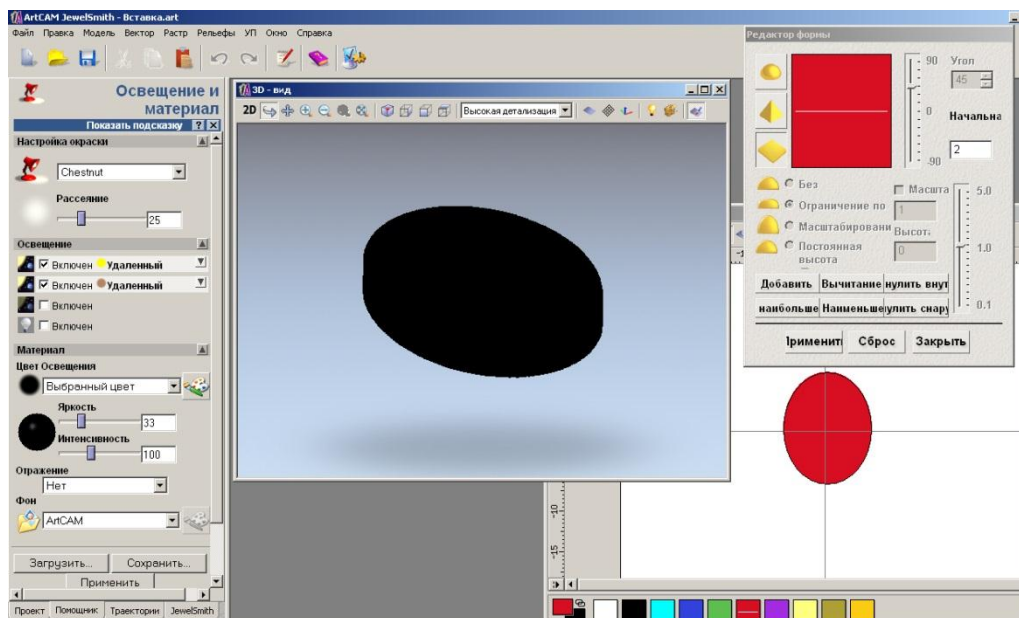


Рис. 3. Створення овальної вставки.

Далі для створення збірки і вставки використовуємо вкладку «Проект» і створюємо нову збірку. Після чого відбувається поєднання основи персня зі вставкою, як видно на рис. 4. Тепер необхідно розташувати вставку на поверхні персня, для чого використовуємо

інструмент «Зрушення» і переміщаємо вставку до необхідного положення .

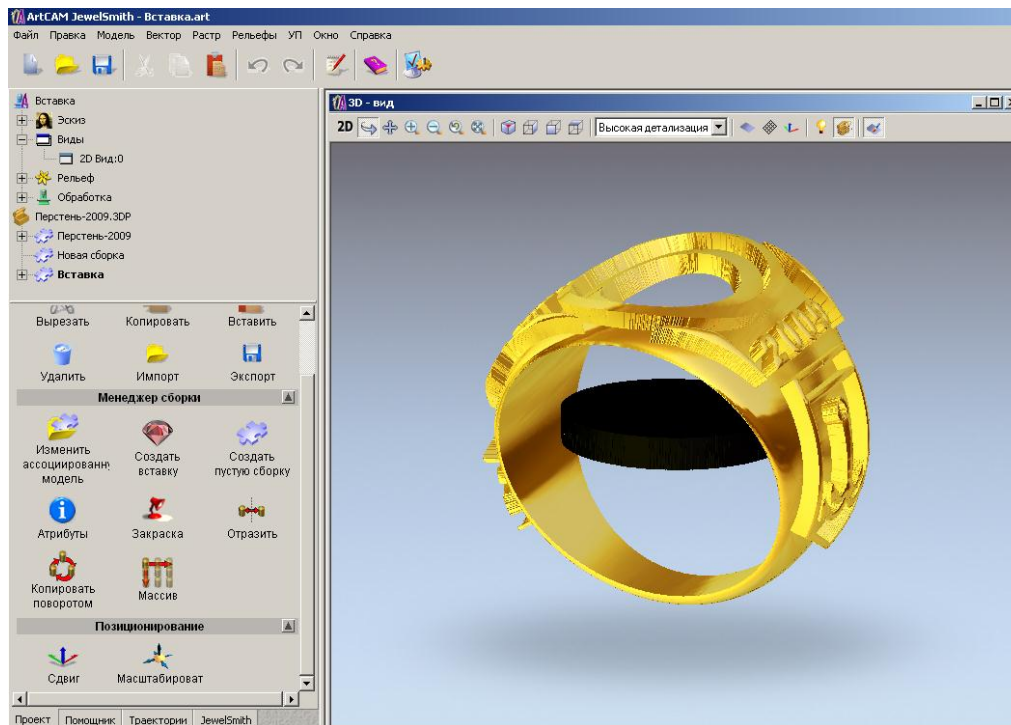


Рис. 4. Збірка основи і вставки.

Розробка stl-моделі. Підготовка даних для машин швидкого прототипування зводиться до експорту даних в форматі STL. Тому для створення восківки на 3D-принтері, необхідно отримати файл з розширенням .stl. Для цього в системі ArtCAM JewelSmith передбачений спеціальний модуль «Створення STL Моделі», що виробляє розрахунок триангуліруемой моделі. Модуль проводить розрахунок моделі з урахуванням матеріалу, з якого буде виготовлятися виріб, і з урахуванням усадки матеріалу при кристалізації вилівка.

Виготовлення восківки на 3d-принтері.

Використовуючи створену STL-модель, передаємо її на 3D-принтер, який створює восківку майбутнього виробу. Ідея FDM (Fused Deposition Modeling) дуже проста - роздавальна головка видавлює на охлаждаемую платформу-основу краплі розігрітого термопластика (в якості матеріалу може використовуватися практично будь-який промисловий термопластик). Краплі швидко застигають і злипаються один з одним, формуючи шари майбутнього об'єкта (друк тут теж ведеться по верствам). Техпроцес FDM дозволяє з досить високою точністю (мінімальна товщина шару 0,12 мм) виготовляти повністю готові до використання деталі досить великого розміру (до 600 x 600 x 500 мм). На малюнку представлений 3D-принтер, на якому була виконана восківка виробу (рис. 5).



Рис. 5. Створення восківки на 3D-принтері.

Використовуючи 3D-принтери, можна значною мірою поліпшити виробничий цикл за рахунок відмови від вирізання вручну моделей з воску. Можна переходити безпосередньо до лиття по виплавлених моделях або виготовлення гумової форми. Відповідаючи вимогам широкого кола додатків, 3D принтери мають наступні переваги:

- Забезпечують високу точність при створенні прототипів і моделей. Сумісні з CAD дизайнерськими програмами, приймають стандартні CAD файли і розташовуються в звичайному офісі.

- Використовують нетоксичний термопластичний матеріал, що володіє відмінними ливарними властивостями (легкоплавкий, не залишає золи або відходів, має мале термічне розширення); повністю придатний для виготовлення ливарних форм, а також може бути використаний в широкому діапазоні ливарних процесів.

- Автоматично генерують будь-які необхідні підтримки для внутрішніх порожнин в моделі або нависають частин, використовують унікальний легкорозчинний віск для підтримки, при цьому відсутність клітинного каркаса рятує від шліфування або шпаклівки моделі.

- Підтримують автоматичний режим роботи вночі і в вихідні дні, при цьому використовуються вбудовані тести, автоматичний повторний запуск з точки переривання, а також легко встановлюються параметри за основним і підтримує матеріалами.

Після корекції положення вставки, отримуємо тривимірну модель майбутнього виробу.

*Висновки.* В результаті проведеної роботи була розроблена комп'ютерна тривимірна STL-модель для виготовлення восківки на 3D-принтері, отримана восківка, по якій відлита модель-оригінал, необхідна для вулканізації гумової прес-форми, що дозволяє масово

тиражувати виріб. Застосування програмного продукту ArtCAM JewelSmith дозволило швидко і якісно створити реалістичну візуалізацію дизайнерського виробу, що дозволило на стадії проектування вносити корективи в майбутній виріб, а також в подальшому його можна буде легко модернізувати і змінити дизайн.

Новизна отриманих результатів полягає в розробці спеціалізованого програмного модуля, що дозволяє змінювати будь-який геометричний параметр моделі. Була поставлена задача розробити алгоритм системи автоматизованого моделювання та створення автоматизованого програмного модуля API програми для зміни будь-якого параметру деталі.

Для зменшення затрат на моделювання деталі та програмної реалізації автоматизації її перебудови було створено модуль розрахунку в програмі «Delphi7». Даний модуль інтегрований в систему проектування «Компас 3D V13», що дозволяє візуально спостерігати зміни структури деталі при її перебудові та вносити в неї зміни.

### Список використаних джерел

1. Аверченков В. И., Каштальян И. А., Пархутик А. П. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2005. 288 с.

2. Ли К. Основы САПР CAD/CAM/CAE. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 560 с.

3. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Коломієць С. М. Геометричне моделювання складних тривимірних поверхонь із застосуванням матричного рівняння еліптичного повороту. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 294-300.

4. Мацулевич О. Є., Щербина В. М., Залевський С. В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 1. С. 55-68. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf8t1/9.pdf>

5. Мацулевич Ю. О., Скорлупін О. В., Пихтєєва І. В. Загальна методика комп'ютерного геометричного моделювання профілів кулачків механізмів приводу шліфувальних головок зубозаточувальних верстатів. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності*: зб. наук. праць XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУБЖД, 2019. С. 225-226.

6. Гавриленко Є. А., Івженко О. В., Пихтєєва І. В. Методика

комп'ютерного моделювання динамічних поверхонь. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. С. 1-5. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-65.

7. Найдиш А. В., Мацулевич О. Є., Лебедев В. О. Корекція прямолінійних ділянок НГВ-ДПК. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2006. Вип. 4, т. 18. С. 20-23.

8. Подгорный А. Л., Плоский В. А. Использование транспозиции преобразований в вариантном моделировании архитектурных оболочек. *Прикладная геометрия и инженерная графика*. Киев, 2003. Вып. 46. С. 8-11.

9. Рева Г. В. Метод розрахунку синусоїдальної системи. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2006. Вип. 67. С. 226-230.

10. Росоха С. В. Анімаційне комп'ютерне моделювання деяких процесів в задачах пожежної безпеки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01/ КНУБА. Київ, 2009. 20 с.

11. Скворцов А. В., Схиртладзе А. Г. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств. Москва: Высшая школа, 2010. 589 с.

12. Тормосов Ю. М. Дослідження диференціального рівняння для опису форми профілю рефлектора, що забезпечує заданий закон розподілу відбитих променів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2006. Вип. 72. С. 77-82.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ARTCAM JEWELSMITH ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДИЗАЙНЕРСЬКОГО ВИРОБУ**

Мацулевич О. Є., Михайленко О. Ю.

### *Анотація*

У наш час на сучасних підприємствах існує проблема перенесення документації з паперових на електронні носії, автоматизації і систематизації виробничих процесів.

Активно ведеться робота над дослідженням властивостей складних поверхонь, створенням теоретичної бази для алгоритмів геометричного моделювання з розширеними фокальними властивостями поверхонь, які можуть знаходитись як в нерухомому стані, так і в рухомому, підвищення точності моделювання, створення і опису моделей, які задовольняють безлічі заданих вимог.

Виникає необхідність у створенні замкнутого виробничого циклу, тобто створення САПР (системи автоматизованого проектування). Підбір комп'ютерних програм, які дозволяють забезпечити замкнений цикл, є актуальною і значущою на сучасному етапі технологічного процесу і в особливій мірі впливає на строки та якість виготовленої промислової продукції. В роботі розглянута задача розробки алгоритму системи автоматизованого моделювання, створення автоматизованого програмного модуля API програми для зміни будь-якого

параметру деталі. Розроблена комп'ютерна тривимірна STL-модель для виготовлення восківки на 3D-принтері, отримана восківка, по якій відлита модель-оригінал, необхідна для вулканізації гумової прес-форми, що дозволяє масово тиражувати виріб.

Застосування програмного продукту ArtCAM JewelSmith дозволило швидко і якісно створити реалістичну візуалізацію дизайнерського виробу, що дозволило на стадії проектування вносити корективи в майбутній виріб, а також в подальшому його можна буде легко модернізувати і змінити дизайн.

**Ключові слова:** програмно-апаратний комплекс ArtCAM JewelSmith, системи автоматизованого проектування, технологічна система виробництва.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ARTCAM JEWELSMITH ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИЗАЙНЕРСКОГО ИЗДЕЛИЯ

Мацулевич А. Е., Михайленко Е. Ю.

### *Аннотация*

В наше время на современных предприятиях существует проблема переноса документации с бумажных на электронные носители, автоматизации и систематизации производственных процессов. Активно ведется работа над исследованием свойств сложных поверхностей, созданием теоретической базы для алгоритмов геометрического моделирования с расширенными фокальными свойствами поверхностей, которые могут находиться как в неподвижном состоянии, так и в подвижном, повышение точности моделирования, создания и описания моделей, которые удовлетворяют огромному количеству заданных требований. Возникает необходимость в создании замкнутого производственного цикла, то есть создание САПР (системы автоматизированного проектирования). Подбор компьютерных программ, которые позволяют обеспечить замкнутый цикл, является актуальной и значимой на современном этапе технологического процесса и в особой степени влияет на сроки и качество изготовленной промышленной продукции. В работе рассмотрена задача разработки алгоритма системы автоматизированного моделирования, создания автоматизированного программного модуля API программы для изменения любого параметра детали. Разработана компьютерная трехмерная STL- модель для изготовления восковки на 3d-принтере, получена восковка, по которой отлитая модель-оригинал, необходимая для вулканизации резиновой пресс-формы, что позволяет массово тиражировать изделие.

Применение программного продукта ArtCAM JewelSmith позволило быстро и качественно создать реалистичную визуализацию дизайнерского изделия, что позволило на стадии проектирования вносить коррективы в будущее изделие, а также в дальнейшем его можно будет легко модернизировать и изменить дизайн.

**Ключевые слова:** програмно-апаратний комплекс ArtCAM JewelSmith, системи автоматизованого проектування, технологічна система виробництва.

## **APPLICATION OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX ARTCAM JEWELSMITH FOR CREATING A DESIGNER PRODUCT**

A. Matsulevich, O. Mykhailenko

### *Summary*

Nowadays, modern enterprises face the problem of transferring documents from paper to electronic media, automation and systematization of production processes. A prosecution is actively conducted of research of properties of difficult surfaces, creation of theoretical base for the algorithms of geometrical design with the extended focal properties of surfaces, that can be both in the immobile state and in movable, increase of exactness of design, creation and description of models that satisfy to the enormous amount of the set requirements. There is a need to create a closed production cycle, that is, the creation of CAD (computer-aided design systems). The selection of computer programs that make it possible to provide a closed cycle is relevant and significant at the present stage of the technological process and to a particular extent affects the timing and quality of manufactured industrial products. The task of development of algorithm of the system of the automated design, creations of the automated programmatic module of program API, is in-process considered for the change of any parameter of detail. The computer is worked out three-dimensional STL is a model for making of beeswax on a 3d- printer, on that poured off model-original, necessary for vulcanization of rubber press-form, is got, that allows mass to circulate good.

The use of the ArtCAM JewelSmith software product made it possible to quickly and efficiently create a realistic visualization of the design product, which made it possible to make adjustments to the future product at the design stage, and in the future it could be easily modernized and redesigned.

**Key words:** software and hardware complex ArtCAM JewelSmith, automated design systems, technological production system.

## МЕТОД ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНИХ ОБ'ЄМНИХ ВИРОБІВ

Пихтєєва І. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-7484-1759

Вершков О. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5137-3235

Малюта С. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7824-4609

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-24-36

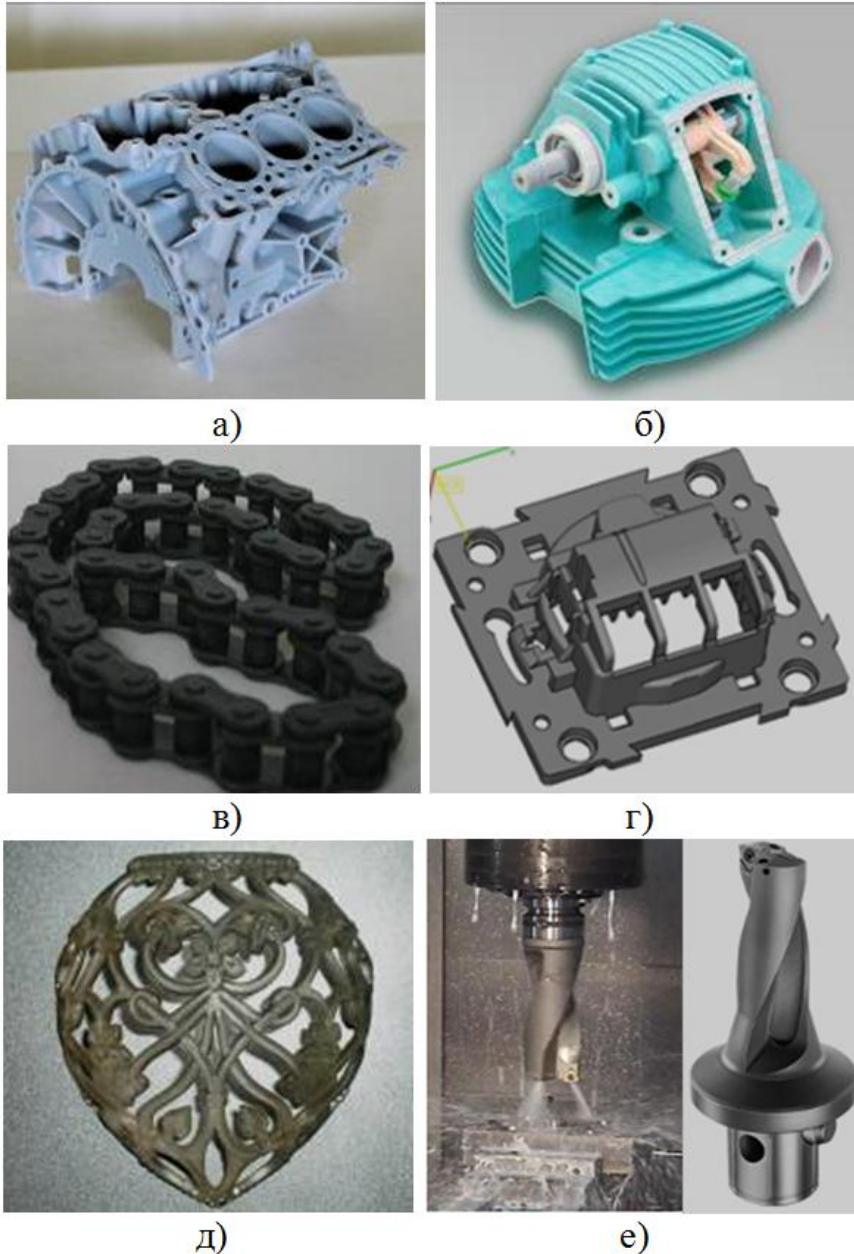
*Постановка проблеми.* Розвиток техніки на сучасному етапі характеризується широким використанням інформаційних технологій у всіх її областях. Особливої уваги заслуговують складно-фасонні об'ємні вироби, які характеризуються не тільки складністю рельєфу окремих елементів цих виробів, а й наявністю найрізноманітніших за формою і розмірами внутрішніх каналів, переходів, з'єднань і т.п. Виготовлення таких виробів в даний час базується на використанні величезної кількості програмного забезпечення різних фірм, спрямованого на вирішення завдань, що виникають при виготовленні складно-профільних виробів.

Після відпрацювання конструкції виробу при його постановці на виробництво в залежності від обсягу матеріалу, конструкції, форми і розмірів виробу, вирішуються завдання вибору методу отримання заготовок і виробу в цілому, розробки та виготовлення технологічного оснащення, розробка програм (вибір програмного забезпечення) для отримання заготовок і виробів. У зв'язку з цим вибір ефективного програмного продукту, що забезпечує виробництво того чи іншого фасонного виробу, є важливим завданням. Тому розкриття можливостей використання програмного забезпечення при виготовленні складно-профільних об'ємних виробів є актуальним завданням.

*Аналіз останніх досліджень.* Вид складно-профільного виробу визначається службовим призначенням, конструкцією, матеріалом, розмірами і технічними вимогами до виробу. Вони знаходять широке застосування у всіх галузях машинобудування (авіа-, судно-, приладобудуванні, автомобільної промисловості), у виготовленні гідроапаратури, в дизайнерських виробках і об'єктах, в ювелірній промисловості і т.д. Деякі приклади таких складно-профільних виробів наведені на рис. 1.

Аналіз конструкцій складно-профільних виробів показує, що в загальному випадку, незалежно від функціонального призначення, їх

можна класифікувати на цілісні і складові. Складові вироби складаються з окремих фасонних елементів, які з'єднуються між собою, утворюючи нерухомі і рухомі з'єднання. Загальним для обох видів з'єднань є те, що вони складаються з окремих елементів, кожен з яких має свій профіль.



а) – блок циліндру; б) – гідрообладнання; в) – цеп; г) – корпус; д) – ажурний виріб; е) – ріжучий інструмент.

Рис. 1. Приклад складних профільних об'ємних виробів.

Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє в залежності від серійності випуску, матеріалу і конструкції виробу, технологічних можливостей виробника вибирати той чи інший метод виготовлення складно-фасонних об'ємних виробів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи є уявлення функціональних можливостей інформаційних

технологій і їх сумісності з продуктами інших фірм, і на їх основі забезпечення виготовлення складно-профільних об'ємних виробів різними методами.

*Основна частина.* В роботі розглянуто загальні питання аналізу складно-профільних виробів, основні методи їх отримання, питання проектування та виготовлення оснастки для таких виробів, а також показано рішення задачі отримання одного з розглянутих виробів.

Основними методами отримання складно-профільних об'ємних виробів або їх заготовок є:

- лиття;
- штампування;
- пресування (методи порошкової металургії);
- швидке прототипування;
- швидке виробництво;
- механічна обробка різанням на верстатах з ЧПУ.

У кожного з наведених методів існують різні способи виготовлення, які, головним чином, визначаються видом обладнання, на якому виготовляється виріб (заготівок).

Як правило, для отримання виробу з регламентованої точністю, на початку виготовляють одним з розглянутих методів фасонну об'ємну заготовку, яку наступною механічною обробкою на верстатах з ЧПУ перетвореної в готовий виріб (рис. 1. е, г). Якщо виріб складений, то потрібно подальша збірка окремих елементів (рис. 1. в, е). Вироби, де точність не регламентована (рис. 1. д), теоретично можна виготовляти будь-яким з розглянутих методів.

Вибір методу залежить від конструкції виробу, програми випуску, тривалості виробництва виробу і технологічних можливостей виробника.

Аналіз особливостей розглянутих методів виготовлення показує, що основою для отримання складно-профільних об'ємних виробів будь-яким методом є їх 3D-модель.

Досвід використання систем проектування і контролю підприємствами і навчальними закладами [1] показує, що вони забезпечують високу якість створення 3D-моделей технічних виробів в PowerShape (рис. 1, б). Раніше [2,3,4] було показано, що ArtCAM Pro дозволяє створювати поверхню з безліччю мініатюрних елементів (рис. 1, а, б), шляхом побудови їх на основі растрового або векторного рисунку.

Однак побудова 3D-моделей такими способами не забезпечує ажурності виробу.

З огляду на особливості виготовлення ажурних виробів, для демонстрації процесу їх виготовлення був обраний знак (рис. 1. д). Вибір цього виробу обумовлюється мініатюрністю елементів на

фасонної поверхні, яка дозволяє оцінити можливості створення таких складних поверхонь за допомогою інформаційних технологій.

Поряд з традиційними технологіями обробки (різання, лиття, штампування та ін.) все більше застосування знаходять різні методи швидкого виготовлення виробів, які забезпечуються системами швидкого прототипування і виготовлення шляхом пошарового нарощування обсягів заданої форми виробів, а не як розглянуто раніше. Цими методами можуть виготовлятися готові вироби, що складаються з багатьох елементів, як нерухомі так і рухливі.

Для застосування методу Rapid Prototyping необхідно було створити цілісну твердотільну 3D-модель цього знака, яка повністю відповідала б оригіналу, тобто мала всі необхідні піднутріння, мініатюрні елементи.



Рис. 2. Установка пошарового нарощування Objet EDEN 350V.

В системі ArtCAM Pro не передбачено можливості створення таких моделей. У той же час, створення в інших програмах 3D-моделювання (таких як 3DMax) таких складних скульптурних поверхонь вимагає сильних навичок художника і великих часових ресурсів. Тому, рельєф поверхні кожної частини знака створювався в ArtCAM Pro, і потім редагувався в 3DMax.

Для створення STL-файлу використовуємо команду «створити триангульовану модель». При її створенні вибираємо функцію «закрити модель зміщенням рельєфу», що дозволяє отримати внутрішню поверхню елементів знака. Таким чином, створили STL-моделі кожного елемента знака. Отримані моделі імпортуються в

3DMax, там редагуються, застосовуючи функції деформаторов (наприклад, FFD  $3 \times 3 \times 3$ ) і збираються в одну модель, яка є вихідною для стереолітографічної установки.

Система швидкого прототипування *Objet Geometries* включає в себе комп'ютерну станцію підготовки, управління та контролю всього технологічного процесу виготовлення прототипу, установку пошарового нарощування *Objet EDEN 350V* (рис. 2) і станцію очистки моделей.

Дана система, керована від комп'ютерної станції, забезпечує пошаровий виріб шляхом нанесення двох матеріалів: матеріалу побудови і матеріалу підтримки, з подальшою полімірізацією кожного шару ультрафіолетовими лампами. Після завершення циклу вирощування в станції очищення відбувається вилучення матеріалу підтримки з вирощеного виробу і промивка виробу водою під тиском.

*Висновки.* Аналіз досвіду використання інформаційних технологій при виготовленні складно-профільних об'ємних виробів показує, що програмне забезпечення повністю забезпечує можливість їх виготовлення і має високий рівень сумісності з програмним забезпеченням інших компаній, що певною мірою продемонстровано при виготовленні різними методами ажурного виробу.

Візуальний аналіз чіткості і рельєфності виготовлених знаків показує, що поверхні мініатюрних елементів, для яких виготовлення оснащення при остаточній обробці вимагає використання гравера радіусом не менше  $R = 0,05$  мм можуть виготовлятися будь-яким з розглянутих методів. Для отримання чіткого рельєфу варіанту моделі рекомендується виготовляти методом механічної обробки на верстатах з ЧПУ або карбуванням. Застосування методу швидкого прототипування при виготовленні варіанту ажурного виробу дозволяє отримати цілісний по конструкції знак.

### **Список використаних джерел**

1. Борисов И., Чепунов П. Комплексное применение CAD/CAM/CAE-систем для проектирования и изготовления гоночного автомобиля. *Сотрудничество с университетами Украины* (11-й сборник отчетов). 2009. С. 3-20.

2. Дубик Я., Токунов В. Применение CAD/CAM/CAQ-технологий для восстановления знака 1903 года. *Сотрудничество с университетами Украины* (10-й сборник отчетов). 2008. С. 11-23.

3. Куценко Л. Н. Диссертации по прикладной геометрии, выполненные в харьковском регионе. *Современные проблемы геометрического моделирования*: сб. трудов Украина-российской научно-практической конференции. Харьков: ХГУПТ, 2005. С. 21–26.

4. Пугачов С. В., Кундрат Т. М. Моделювання ефективності циліндричних світлових шахт з дифузним відбиванням світла.

*Системні технології*. Дніпропетровськ, 2006. Вип. 3(44). С. 82-87.

5. Радченко А. К., Пихтєєва І. В. Автоматизація процесу побудови моделі на базі створення АРІ програми. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 5: Інформаційні технології в прикладній геометрії, т. 6. С. 125-131.

6. Пихтєєва І. В., Торбунова А. Ю., Шпильова О. О. Автоматизація процесу виготовлення прес-форм для декоративних елементів оформлення інтер'єрів з урахуванням вимог промислової безпеки. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності*: зб. наук. праць XIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУБЖД, 2018. С. 202-203.

7. Пихтєєва І. В. Програмний модуль для автоматизованого проектування складних функціональних поверхонь. *Фундаментальна підготовка фахівців у природничо-математичній, технічній, агротехнологічній та економічній галузях*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конференції з міжнар. участю (м. Мелітополь, 11-13 вересня 2017 р.): присвяченої 85-річчю кафедри вищої математики і фізики ТДАТУ. - Мелітополь, 2017. С. 124-126.

8. Рева Г. В. Метод розрахунку синусоїдальної відбивальної системи. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2006. Вип. 67. С. 226-230.

9. Росоха С. В. Анімаційне комп'ютерне моделювання деяких процесів в задачах пожежної безпеки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / КНУБА. Київ, 2009. 20 с.

10. Сітабдієва О. Л. Метод опису квазіеліпсів з розосередженими фокусами. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 4: Інформаційні технології в прикладній геометрії, т. 29. С. 73-78.

11. Пихтєєва І. В., Івженко О. В., Лубко Д. В. Вирішення задачі по визначенню технологічних параметрів процесу простою обтягування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 316-324.

## **МЕТОД ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНИХ ОБ'ЄМНИХ -ВИРОБІВ**

Пихтєєва І. В., Вершков О. О., Малюта С. І.

### *Анотація*

В роботі розглянуто загальні питання аналізу складно-профільних виробів, основні методи їх отримання, питання проектування та виготовлення оснастки для таких виробів, а також показано рішення задачі отримання одного з розглянутих виробів. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє в залежності від серійності випуску, матеріалу і конструкції виробу, технологічних можливостей виробника вибирати той чи інший метод

виготовлення складно-фасонних об'ємних виробів. Аналіз конструкцій складно-профільних виробів показує, що в загальному випадку, незалежно від функціонального призначення, їх можна класифікувати на цілісні і складові.

Розглянуто удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі складної форми в пакеті програм твердотільного моделювання.

Використуєма система швидкого прототипування Objet Geometries включає в себе комп'ютерну станцію підготовки, управління та контролю всього технологічного процесу виготовлення прототипу, установку пошарового нарощування Objet EDEN 350V і станцію очистки моделей. Дана система, керована від комп'ютерної станції, забезпечує пошаровий вироб шляхом нанесення двох матеріалів: матеріалу побудови і матеріалу підтримки, з подальшою поліміризацією кожного шару.

**Ключові слова:** метод швидкого прототипування, складно-профільні вироби, системи автоматизованого проектування, технологічна система виробництва.

## МЕТОД БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ОБЪЁМНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пыхтеева И. В., Вершков А. А., Малиута С. И.

### *Аннотация*

В работе рассмотрены общие вопросы анализа сложно-профильных изделий, основные методы их получения, вопросы проектирования и изготовления оснастки для таких изделий, а также показано решение задачи получения одного из рассматриваемых изделий. Использование современных информационных технологий позволяет в зависимости от серийности выпуска, материала и конструкции изделия, технологических возможностей производителя выбирать тот или иной метод изготовления сложно-фасонных объёмных изделий. Анализ конструкций сложно-профильных изделий показывает, что в общем случае, независимо от функционального назначения, их можно классифицировать на цельные и составные. Рассматривается совершенствование технологического процесса изготовления детали сложной формы в пакете программ твердотельного моделирования.

Используемая система быстрого прототипирования Objet Geometries включает у себя компьютерную станцию подготовки, управления и контроля всего технологического процесса изготовления прототипа, установку послойного наращивания Objet EDEN 350v и станцию очистки моделей. Данная система, управляемая от компьютерной станции, обеспечивает послойное изготовление путем нанесения двух материалов: материала построения и материала поддержки, с дальнейшей полимиризацией каждого слоя.

**Ключевые слова:** метод быстрого прототипирования, сложно-профильные изделия, системы автоматизированного проектирования, технологическая система производства.

## METHOD OF RAPID PROTOTYPING OF PROFILE VOLUME PRODUCTS

I. Pykhteeva, O. Vershkov, S. Maliuta

### *Summary*

The work considers general issues of analysis of complex-shaped products, the main methods of their production, design and manufacture of tooling for such products,

and also shows the solution to the problem of obtaining one of the products under consideration. The use of modern information technologies allows, depending on the serial production, material and design of the product, the technological capabilities of the manufacturer, to choose one or another method of manufacturing complex-shaped volumetric products. Analysis of structures of complex-shaped products shows that in the general case, regardless of their functional purpose, they can be classified into integral and composite. The article considers the improvement of the technological process of manufacturing a part of complex shape in the package of solid-state modeling programs.

Used system rapid prototyping Objet Geometries includes for itself the computer station of preparation, management and control of all technological process of making of prototype, setting of layer increase of Objet EDEN 350v and station of cleaning of models. This system guided from the computer station provides the layer making by causing of two materials : material of construction and material of support, with further polymer of every layer.

The increase of exactness and efficiency of design of processes is in-process attained due to application of new (worked out in under program) more adequate, complete, effective models and by introduction of the use of new methods of design that on the whole conduces productions to the power, material and labour cost cutting.

**Key words:** rapid prototyping method, complex profile products, computer-aided design systems, technological production system.

## Зміст

стор.

**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

1. *Samoichuk K., Viunyk O.* Methodology of conducting studies of jet mixing of liquids 3
2. *Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхованцева В. О., Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М.* Обґрунтування розробленого обладнання для швидкоскоростного заморожування сільськогосподарської продукції 11
3. *Struchaiev N., Postol Y., Tarasenko V., Palianychka N.* Thermophysical calculations the process of cooling the fermented milk clot 19
4. *Ковальов С. В., Науменко О. П., Міщенко В. І., Плахотін К. О., Кенюх Д. В.* Порівняння та поліпшення теплообмінних апаратів харчових виробництв шляхом зміцнення деталей електрохімічним осадом у слабкому магнітному полі 28
5. *Дейниченко Г. В., Дмитревський Д. В., Гузенко В. В., Афукова Н. О.* Аналіз застосування мембранних апаратів для виробництва соків із плодової сировини 36
6. *Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф., Петриченко С. В.* Аналіз способів промислового очищення воскової сировини 44
7. *Стадник І. Я., Пилипець О. М., Піддубний В. А., Веселовська Т. Є.* Особливості теплообміну в тісті при формуванні бубликів 52
8. *Леженкін О. М., Малюта С. І., Михайленко О. Ю., Дмитрієв Ю. О.* Визначення допустимих значень швидкості руху причепа-візка для збирання обчисаного вороху зернових 66
9. *Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І., Вершков О. О., Філіпов Д. О.* Підвищення ефективності використання відходів плодової деревини 74
10. *Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Верхованцева В. О.* Дослідження вискоефективного обладнання для гомогенізації дрібнодисперсних емульсій з використанням комп'ютерного моделювання 84
11. *Гавдида Г. І., Олексієнко В. О., Ломейко О. П.* Технологічні параметри інтенсивного пророщування зерна для годівлі птиці 93
12. *Науменко М. М., Миколенко С. Ю., Гурідова В. О., Гезь Я. В.* Обґрунтування математичної моделі взаємодії зернової сировини з шнековим живильником при диспергуванні 101
13. *Самойчук К. О., Лебідь М. Р., Паляничка Н. О.* Підвищення ефективності клапанної головки гомогенізатора за рахунок використання зустрічних струменів 109
14. *Доценко Н. А.* Результати дослідження пропускної спроможності подрібнювача-протиральника томатів 116

15. Стадник І. Я., Матенчук Л. Ю., Новак Л. Л., Головкіна Л. І. Напрямки надійності роботи міні-пекарні на рухомій платформі 125
16. Харкевич В. Г., Евдокимов А. В. Исследование влияния технологических и режимно-конструктивных параметров на модуль помола панировочных сухарей 134
17. Кузьмінська І. М. Вплив геометрії споживчої тари на піноутворення при розливі харчових рідин 143
18. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів 152
19. Червоткіна О. О., Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою прес-гранулятора з плоскою матрицею 160

### **ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**

20. Mazurenko I., Li Yunbo, Shao Zhengzheng. Technological aspects of vegetables and fruit for of functional products of baby nutrition, long-term storage 169
21. Валько М. І., Стоянова О. В., Зубкова К. В., Бобирь С. В. Розроблення нового виду плодоовочевої продукції функціонального призначення 182
22. Дейниченко Л. Г., Захаров В. В., Таранишина І. Л., Кравченко Т. В. Розроблення технології сирників з використанням молочно-білкового концентрату та борошна розторопші 191
23. Євлаш В. В., Фоцан А. Л., Пілюгіна І. С., Мурликіна Н. В., Аксьонова О. Ф. Використання комплексного драглеутворювача в технології торта «Шоколадно-зефірний» 200
24. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Головня Н. В. Дослідження впливу соку зелених рослин на процеси пророщування зерна 209
25. Ковалевський К. А., Мамай О. І., Валько М. І., Кузьміна Т. О. Дослідження автолізу винних дріжджів 217
26. Гапріндашвілі Н. А., Карман Т. В., Прошин А. С. Особливості організації роботи кав'ярень 229
27. Кім Н. І. Оцінювання показників якості виробництва рослинної олії 236
28. Мамай О. І., Ковалевський К. А., Валько М. І., Кузьміна Т. О. Дослідження способів отримання і хімічного складу біологічно активних харчових добавок із вторинної сировини виноробства 244
29. Гапріндашвілі Н. А., Топорков Д. Я. Організація харчування в ресторанах стейк-хаус 254
30. Василюшина О. В., Чернега А. О. Удосконалення виготовлення кріоконцентрованих соків 261

31. Карман Т. В., Гапріндашвілі Н. А. Історичні передумови формування регіональної південно-української кухні та вплив на неї кулінарних традицій етнічних переселенців 271
32. Янчик М. В., Атанасова В. В. Перспективи використання насіння бобових культур для виготовлення напоїв 280

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

33. Бацуровська І. В. Аналіз автоматизованих систем контролю та діагностики технологічних параметрів генераторів та масляних трансформаторів 287
34. Цибулевський Ю. Є., Пархоменко Р. О. Дослідження оптичного спектру випромінювання дугового розряду в комплектних розподільчих пристроях при виникненні пробоя ізоляції 300

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

35. Івженко О. В., Антонова Г. В. Проект технології обробки базових деталей з високою якістю поверхні 310
36. Мацулевич О. О., Михайленко О. Ю. Застосування програмно-апаратного комплексу ArtCAM JewelSmith для створення дизайнерського виробу 317
37. Пихтєєва І. В., Вершков О. О., Малюта С. І. Метод швидкого прототипування виготовлення профільних об'ємних виробів 326



## МЕЛІТОПОЛЬСЬКА ПИВОВАРНЯ «ДИМІОРС»



Пиво "Южная Бавария" - светлое пиво. Изготовлено из светлого ячменного солода и рисовой крупы. Пиво имеет мягкий солодовый вкус и приятную хмелевую горечь. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 13%.

Наше пиво виготовлено зі світлого ячменного солоду, рисової крупи, цукру, хмелю з використанням підготовленої артезіанської води, має м'який солодовий смак та приємну гіркоту хмелю.

Пиво неодноразово займало призові місця та було нагороджено золотими та срібними медалями за високу якість напою на щорічному



Пиво "Венское" - светлое пиво. Изготовлено из 100% светлого ячменного солода. Пиво имеет утонченный чистый солодовый и хмелевой вкус и аромат. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 11%.

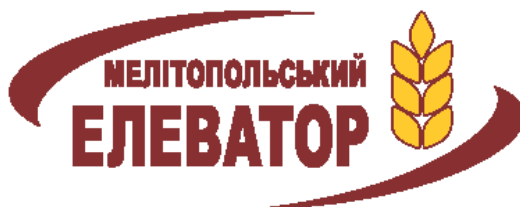
міжнародному конкурсі «Свято пива», який проходить у м. Київ.

Напої безалкогольні виготовлені на натуральних компонентах без додавання консервантів та підсолоджувачів.



Пиво "Мюнхенское" - светлое пиво. Изготовлено из светлого ячменного солода, рисовой крупы и сахара. Пиво имеет мягкий солодовый вкус и приятную хмелевую горечь. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 12%.

**НАДМІРНЕ СПОЖИВАННЯ  
АЛКОГОЛЮ ШКІДЛИВЕ ДЛЯ  
ВАШОГО ЗДОРОВ'Я**



**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО  
КТ «ЖЕЛЄВ С.С. І КОМПАНІЯ  
«МЕЛІТОПОЛЬСЬКОГО ЕЛЕВАТОРА»»**

Сільськогосподарське підприємство КТ «Желєв С.С. і компанія «Мелітопольського елеватора»» займається зберіганням та вирощуванням зернових та олійних культур, виробництвом борошна пшеничного та житнього, паливних брикетів та соняшникової олії.



Адреса: вул. Гетьмана Сагайдачного, 53,  
м. Мелітополь  
тел.: +38(067)612-08-02  
+38(067)611-11-27

Наукове фахове видання  
Технічні науки

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету  
Випуск 21, том 1

Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
Міністерство юстиції  
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р

Відповідальний за випуск – Самойчук К.О.  
Коректори:  
Редакційна група Наукової бібліотеки ТДАТУ.  
Підготовка макету та верстка  
Лівик Н.В.

---

Підписано до друку 25.02.21 р. друк Rizo.  
Друкарня ТДАТУ.  
21,1 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 10  
тел. (06192) 6–88–38