

ISSN 2079-4827

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

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Тематичний збірник наукових праць

№ 1 (48) 2024

**Збірник наукових праць заснований у 1998 році
Виходить двічі на рік**

*Журнал внесено до міжнародних наукометричних баз
та інформаційно-аналітичних систем
Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor, EZB
(Elektronische Zeitschriftenbibliothek),
Advanced Science Index*

Кривий Ріг
ДонНУЕТ
2024

Редакційна колегія

Головний редактор — **В. П. Хорольський**

Заступник головного редактора — **Р. П. Никифоров**

Відповідальний секретар серії — **А. В. Слащева**

Редакційна колегія серії:

Віннікова Л. Г., д-р техн. наук (Одеський національний технологічний університет); Гейер Г. В., канд. техн. наук, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Гніцевич В. А., д-р техн. наук (Державний торговельно-економічний університет); Гринченко О. О., д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); Дейниченко Г. В., д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); Золотухіна І. В., д-р техн. наук (Центральноукраїнський національний технічний університет); Михайлов В. М., д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); Никифоров Р. П., канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Омельченко О. В., канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Пивоваров П. П., д-р техн. наук (Державний біотехнологічний університет); Погребняк В. Г., д-р техн. наук (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу); Покотило О. С., д-р біол. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя); Прісс О. П., д-р техн. наук (Таврійський державний агротехнологічний університет); Слащева А. В., канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Сімакова О. О., канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Стадник І. Я., д-р техн. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя); Хомич Г. П., д-р техн. наук (Вищий навчальний заклад Укоопспілки "Полтавський університет економіки і торгівлі"); Хорольський В. П., д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); Юдіна Т. І., д-р техн. наук (Державний торговельно-економічний університет).

**Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 24.09.2020 р. № 1188)**

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

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

*Журнал підписано до друку вченою радою Донецького національного
університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського,
протокол № 9 від 12.04.2024 р.*

Мова видання: українська та англійська.

Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються лише з відома автора та редакції.

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

© Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, 2024

ISSN 2079-4827

**Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk National
University of Economics and Trade**

FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES

Thematic collection of scientific works

No 1 (48) 2024

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

*Journal is indexed in the international scientometrical bases
and analytics systems
Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor,
EZB (Elektronische Zeitschriftenbibliothek),
Advanced Science Index*

Kryvyi Rih
DonNUET
2024

Editorial board

Editor in chief — V. P. Khorolskyi

Deputy editor in chief — R. P. Nykyforov

Executive secretary of series — A. V. Slashcheva

Editorial board of series:

Deynichenko Gryhoriy, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Gnitsevych Viktoriia*, Grand PhD in Engineering sciences (State University of Trade and Economics); *Grinchenko Olha*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Heiier Hryhoriy*, Grand PhD in Economy sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Khomych Halina*, Grand PhD in Engineering sciences (Poltava University of Economics and Trade); *Khorolskyi Valentyn*, Grand PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Mykhailov Valerii*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Nykyforov Radion*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Omelchenko Oleksandr*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Pogrebnyak Volodymyr*, Grand PhD in Engineering sciences (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas); *Pokotylo Oleg*, Grand PhD in Biological sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Priss Olesya*, Grand PhD in Engineering sciences (Tavria State Agrotechnological University); *Pyvovarov Pavlo*, Grand PhD in Engineering sciences (State Biotechnological University); *Slashcheva Alina*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Simakova Olha*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Stadnyk Ihor*, Grand PhD in Engineering sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Vinnikova Lyudmila*, Grand PhD in Engineering sciences (Odessa National Technological University); *Yudina Tatiana*, Grand PhD in Engineering sciences (State University of Trade and Economics); *Zolotukhina Inna*, Grand PhD in Engineering sciences (Central Ukrainian National Technical University).

This publication is entered in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (Category “B”) (Order No. 1188 of Ministry of Education and Science of Ukraine of 24.09.2020)

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

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

*Passed for printing under recommendation of Academic Council
of Mykhailo Tugan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade
(transaction No. 9 of 12.04.2024).*

Language of edition: Ukrainian, English.

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

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

© Mykhailo Tugan-Baranovskyi Donetsk National University
of Economics and Trade, 2024

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2024-48-1-5-12

UDC 664.8:543.42

Simakova O. O., PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Nykyforov R. P., PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Goriainova Iu. A., PhD in Engineering sciences, Associate Professor

Fillipova O. Iu., assistant

Roman V. P., a graduate of a master's degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

PERSPECTIVES OF USING THE MOUNTAIN ASH (SORBUS AUCUPARIA) IN THE FOOD PRODUCTION

УДК 664.8:543.42

Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент

Никифоров Р. П., канд. техн. наук, доцент

Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент

Філіпова О. Ю., асистент

Роман В. П., здобувач СВО магістра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГОРОБИНИ ЗВИЧАЙНОЇ (SORBUS AUCUPARIA) У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Objective is to study the possibility of using mountain ash as a potential raw material for food production.

Methods. Chemical analysis of the total content of phenolic substances in mountain ash was carried out using a volumetric method, which is based on the principle of oxidation of phenols with potassium permanganate in the presence of indigo carmine. We determined the presence of phenolic substances in the rowan under study by IR spectroscopy, and the presence of polyphenolic structures in the plant's alcoholic extract – by UV spectroscopy. The study of the antioxidant effect of fruits was carried out using an accelerated method using a standard technique based on measuring the peroxide value – a conventional unit, the equivalent amount of iodine released from a sample with potassium iodide, from a given unit of mass of oil by peroxide compounds formed in it during oxidation with atmospheric oxygen. A more informative indicator of antioxidant activity is the peroxide value per unit time increase during the oxidation process (δ PV), equal to the difference in peroxide numbers of oxidized and non-oxidized oil samples.

Results. A chemical analysis of the total content of phenolic substances in rowan fruits showed the content of phenolic substances in the substrate to be 1950 mg/100 g, which places these fruits in one of the first places in terms of the content of P-vitamin substances. They are second only to chokeberry, in which P-vitamin compounds sometimes reach 5000 mg/100 g. The presence of phenolic substances in the studied plant is confirmed by IR spectroscopy. UV spectra of a diluted alcoholic extract of the plant also confirm the presence of polyphenolic structures in them. Due to the complex structure of the various compounds they contain, they contain many characteristic bands.

© Сімакова О. О., Никифоров Р. П., Горайнова Ю. А., Філіпова О. Ю., Роман В. П.

It has been experimentally established that rowan fruits (red-fruited) have a relatively powerful complex of polyphenolic substances, giving them high antioxidant properties. This fact makes the plant a promising raw material that can be used as an additive to fats and oils and various fat-containing products to preserve their quality and nutritional value for long periods.

Keywords: mountain ash, phenolic substances, antioxidants, extract, vegetable oil, spectra.

Formulation of the problem. Natural food products of plant origin that we consume daily are one of the elements of a healthy diet. Plants and plant products reliably occupy an important place in a properly balanced human diet. Plants used in nutrition contain a diverse set of vitamins, easily digestible carbohydrates, proteins, enzymes, amino acids, fats, minerals, aromatics and other valuable components that play an important role in metabolic processes in the body. They increase the ability to absorb protein and carbohydrates and help normalize the functioning of the digestive organs. Aromatic substances significantly improve the taste of food, increase appetite, and have a beneficial effect on digestive processes [1].

Eating plant foods in sufficient quantities helps normalize metabolism, prevent weight gain, and plays a vital role in preventing and treating cardiovascular diseases, salt metabolism disorders, etc. Humans have consumed many fruits and vegetables as food products from the deep past. In addition to food, they contain substances that have not been fully studied but have therapeutic and preventive value. Many so-called diseases of civilization are associated with a lack of plant products in modern man's diet [2].

Enriching the diet with fresh fruits and vegetables significantly prevents the insufficient supply of the body's various biogenic compounds. Still, their seasonal consumption only allows some of them to be used throughout the year.

A unique role in solving the problem of uniform provision of vegetables and fruits to the population belongs to the processing industries. Still, the technological means used in industry are distinguished by relatively strict processing parameters, which lead to the destruction of the share of vitamins, organic acids and other substances [3]. In addition, some of the most valuable fruits in terms of their chemical composition are practically not used in this area. Special attention is paid to non-traditional plants, which have long been used almost exclusively as medicines, and there is absolutely no experience in consuming them as complete raw materials rich in various nutritional and biologically active substances.

Analysis of the latest research and publications. Now, the processes taking place in Ukraine's national economy make the problem of providing the country's population with food products of high quality and nutritional and biological value very important. The solution to this problem closely depends on expanding the raw materials market and using new types of raw materials, mainly local and, most often, non-traditional. At the same time, it is possible to produce new types of products with increased nutritional and biological value, enriched with vitamins, minerals, protein, dietary fibre, antioxidants, and other valuable nutritional components. Many of these components perform therapeutic and prophylactic functions — they remove heavy metals and radionuclides from the body and increase its resistance under conditions of high anthropogenic load [3 – 7].

As a source of non-traditional raw materials, special attention is drawn to a widespread plant throughout Ukraine – the common or red-fruited rowan. This is a 15 m tall tree of the rose family. The berries are juicy and orange-red, with a diameter of up to 10 mm. They reach full ripeness in September.

In the food industry, this plant is almost never used as a raw material, although in medical practice, it is common to use it as a raw material for multivitamin tea to treat vitamin deficiencies, especially vitamin deficiency C. Multivitamin tea consisting of rowan and rose hips in a ratio of 1:1 [8] is often used.

Red rowan is a favourite medicinal plant in folk medicine. Its fruits are used as diuretics, hemostatics, and laxatives. Rowan, as a medicinal product, was widely used in official and folk medicine in Western countries. In Poland, rowan berries were used as medicine for diseases of the

kidneys, urinary and gallbladder, and diabetes. In Hungary, they were used for dysentery, and in Norway, they were used as a means of helping wound healing [9].

The objective is to study the possibility of using mountain ash as a raw material for food production.

Presentation of the primary research material. The chemical composition of this plant has been studied in sufficient detail, albeit according to the traditional scheme – the vitamin composition of the berries, the content of minerals and essential nutrients in them have been found. The content of the main substances in mountain ash is given in Table 1.

Table 1 – Elemental chemical composition and energy value of rowan berries

№	The name of the indicators	Mass fraction, %
1	Water	81,0
2	Proteins	1,4
3	Carbohydrates, total	12,5
4	Mono- and disaccharides	8,5
5	Fiber	3,2
6	Organic acids	2,2
7	Ash	0,8
8	Energy value, kcal / 100 g	58,0
9	Energy value, kJ / 100 g	253,0

Rowan berries have long been used as a multivitamin, so the vitamin composition of the raw materials, shown in Table 2, has been studied in sufficient detail.

Table 1 – Vitamin composition of rowan berries (mg / 100 g)

Carotenoids	Vitamin B ₁	Vitamin B ₂	Vitamin C	Niacin
9,00	0,05	0,02	50-140	0,5

As seen from Table 2, the primary attention is drawn to the amount of vitamin C and carotenoids in berries, which exceeds the content of these biologically active substances in many vegetables and fruits. Regarding vitamin C content, the plant successfully competes with currants, tomatoes, and apples, and in terms of carotenoid content – with carrots and the best varieties of pumpkin [3]. However, there is no information in the literature about the presence of certain substances in mountain ash, which are now attracting special attention for their biological activity, thanks to which the raw material can be considered very valuable in manufacturing functional food products.

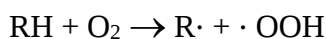
Plant organisms contain many substances that make up the physiological antioxidant system. Among them, phenolic compounds are primarily critical, including cyclic alcohols with an aromatic ring with one or more hydroxyl groups. If the benzene ring contains more than one hydroxy group, such compounds classify as polyphenols. Several thousand phenols are known and isolated from plant materials, and the largest group among them are flavonoids, molecules of which a chain of three carbon atoms interconnects benzene rings. Depending on the structure of this bridge and the degree of its oxidation, 10 groups of flavonoids can be counted, five of which are colourless substances with reducing properties (catechins, dihydrochalcones, flavonols, etc.). They are easily susceptible to oxidation, during which they acquire different colors. Thus, depending on the degree of oxidation, catechins in tea leaves acquire black, yellow or green color. The last five groups of natural flavonoids are the colored compounds that give color to leaves, flowers and fruits. The most important property of many phenolic compounds is their ability to reverse oxidation, that is, to transform from hydroxy to oxy form. Thanks to this transition, almost all phenolic compounds have pronounced antioxidant activity [10].

Using a volumetric method, We conducted a chemical analysis of the total content of phenolic substances in rowan fruits. This method is based on the principle of oxidation of phenols with potassium permanganate in the presence of indigo carmine. The analysis showed the content of phenolic substances in the substrate to be 1950 mg/100 g, which puts these fruits in one of the first places regarding the content of bioflavonoids. They are second only to chokeberry, in which bioflavonoids sometimes reach 5000 mg / 100 g.

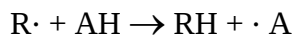
The presence of phenolic substances in the fruits of the plant under study is also confirmed by IR spectroscopy; in the IR spectrum of dried and crushed berries, a characteristic intense diffuse absorption band with a maximum at 34885 cm^{-1} is observed, corresponding to stretching vibrations of one or more hydroxyl groups. Of course, the free hydroxyl group absorbs in the region of 3630 cm^{-1} . Still, these groups very quickly form hydrogen bonds, significantly changing the spectrum's nature. Suppose the hydroxyl group participates in the formation of a hydrogen bond. In that case, the frequency of its stretching vibrations sometimes decreases by almost 170 cm^{-1} , and the absorption band spreads considerably and becomes more intense. We observe the same thing — intermolecular hydrogen bonds predominate in the recorded IR spectrum, giving the spectrum this appearance. Along with the absorption band attributed to the hydroxyl group bound by hydrogen bonds, at 2852 and 2951 cm^{-1} , two clear, unsmearred bands with slightly lower intensity are observed, which can be attributed to the stretching vibrations of CH groups associated with both the aromatic nuclei of polyphenolic compounds, in particular flavonoids, and with aliphatic fragments of their molecules — bands with a lower frequency relate to CH bonds of aromatic rings, and with a higher frequency — to CH fragments of aliphatic sections of the molecule. At around 1712 cm^{-1} , the spectrum contains a clear band with a high frequency, which fully corresponds to the stretching vibrations of the flavone ring's carbonyl groups (C=O). Strength with them, a slight separation of double molecules can be observed with a maximum value at 1588 cm^{-1} .

UV spectra of a diluted alcoholic extract of berries also confirm the presence of polyphenolic structures in them. They contain many characteristic bands due to the complex structure of the various compounds they contain. The spectra are characterized by a group of characteristic bands in the $180\text{...}700\text{ nm}$ wavelength range. The first absorption band with a maximum of 213 nm has high intensity. It corresponds to the excitation of lone electron pairs of the oxygen atom of the carbonyl group, which is not associated with the aromatic nucleus ($n\rightarrow\sigma^*$ transition) and, most likely, is not related to compounds of a phenolic nature. It also includes a weak, diffuse band in the region of 230 nm , which corresponds to the $n\rightarrow\pi^*$ transition of carbonyl oxygen electrons. A reasonably intense absorption band in the region of 274 nm and a slightly less intense one at 325 nm can be explained by the excitation of the same electron pairs of the oxygen atom of the carbonyl group but connected by a powerful chromophore to the aromatic ring, which is typical for flavonoid molecules. But in addition to absorption, which confirms the presence of a reasonably large amount of bioflavonoids in the fruits, two more intense bands with maxima at 454 and 479 nm are observed in the UV spectrum, related to electron $\pi\rightarrow\pi^*$ transitions of the carotenoid chromophore, consisting of a long chain of single and double bonds which are alternating and causing the bright colour of the compounds. It is not surprising because, as literature data indicate, the content of carotenoids in fruits is relatively high..

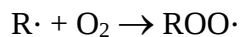
Polyphenolic substances of plant products mix in their structures into several hydroxyl groups with a mobile water atom. It can be done with the help of powerful antioxidants, such as the antioxidant reaction caused by the manifestation in their compositions of a mobile water atom or functional, active groups that actively react with a molecular organism. The primary function of oxidation inhibitors is the detection of radical molecules, adding a new carbohydrate radical in molecules according to the following scheme:



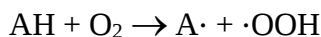
This radical saturates with the hydrogen atom of the antioxidant by the following reaction:



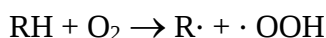
Consequently, antioxidants sharply reduce the possibility of forming free peroxide radicals:



As we see from these diagrams, antioxidants have an inhibitory effect due to sufficiently mobile active hydrogen. If hydrogen is not adequately reactive, the reaction occurs according to the scheme:



and proceeds more quickly than the reaction according to this scheme:



The easier free hydrocarbon radicals form, the less active they are. Therefore, the free hydrocarbon radical $A\cdot$, formed from the antioxidant, should not react with molecular oxygen to form peroxide radicals. In this regard, the oxidation of the RH substrate does not occur, and the concentration of $A\cdot$ radicals constantly increases until their frequent collisions and recombination become possible.

The above interpretation schemes made it possible to search for antioxidant substances among products of natural origin purposefully. These compounds include polyphenolic structures with more than one hydroxyl group in the aromatic ring. Their most important property is the ability to reverse oxidation to quinone (3). Quinones are oxidized forms of many phenols that arise when phenol donates (1) two electrons and two hydrogen nuclei (protons). Oxidation to quinone occurs in steps by losing two electrons one after the other (Fig. 1).

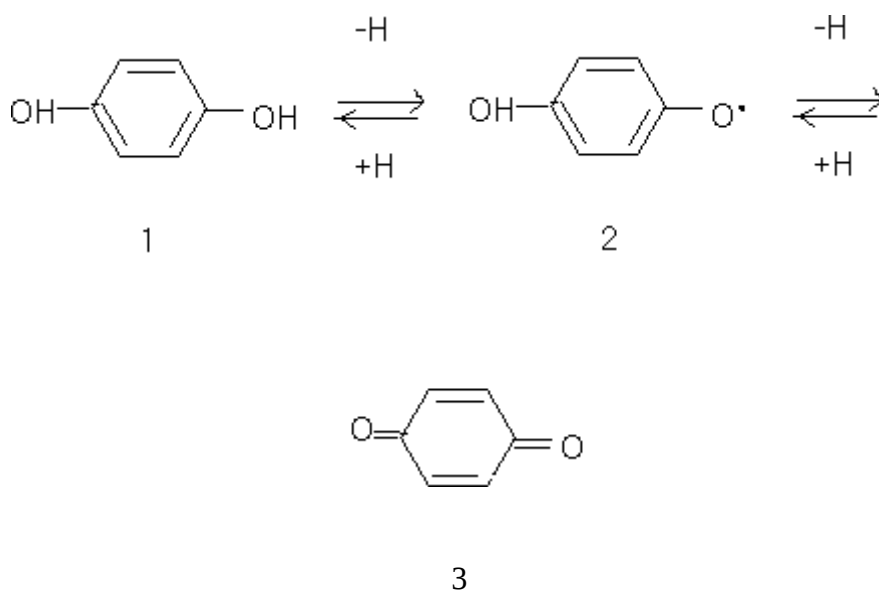


Figure 1 – Ability of phenolic compounds to reverse oxidation to quinone (1 – phenol, 2 – semiquinone radical, 3 – quinone)

In this case, an unstable intermediate compound forms – semiquinone radical (2). After the donation of the second electron and proton (the second hydrogen atom), the system of double bonds in the benzene ring rearranges, and carbonyl groups appear in place of hydroxyl groups. Such quinones, unlike reduced phenols, very easily attach hydrogen atoms and, if present, are converted back into the corresponding phenols through the intermediate semiquinone form.

The above diagrams show that the phenolic inhibitor molecule, which neutralizes and inactivates the free radical involved in the oxidative reaction, turns into an inhibitor radical – semiquinone. However, when, in contrast to one radical, another arises, the essence of the matter should not change. It is possible to observe natural antioxidant effect only when the newly formed inhibitor radical has low energy, is relatively unstable and does not continue the chain of oxidative processes. It is precisely what the semiquinone radicals of phenolic inhibitors are. These are relatively long-lived and low-active radicals. The formation of each of them when using phenolic inhibitors means the termination of one of the free radical oxidation chains and a general slowdown of the oxidation process. When a phenolic inhibitor is present from the beginning in a substrate that requires protection from oxidation, achieving the desired effect with just 0.01...0.02% additive becomes possible.

Since both flavonoids and tannins, as well as other representatives of phenolic compounds, have all the properties for identifying antioxidant activity, we decided to quantify their antioxidant effect in the studied raw materials. The study of the antioxidant effect of fruits was carried out by an accelerated method using a standard technique based on measuring the value of the peroxide number – a conventional unit equivalent to the amount of iodine that is released from a sample with potassium iodide from a given unit of mass of oil by the peroxide compounds that form in it. A more informative indicator of antioxidant activity is the increase in peroxide number per unit of time during the oxidation process (δ PV), equal to the difference in peroxide numbers of oxidized and non-oxidized oil samples.

To screen the new antioxidants, we added concentrations of 0.05. 0.1% of the additive to the reaction mixture. Concentrations less than 0.05% do not exhibit antioxidant activity, while concentrations exceeding 0.1% cause a pro-oxidant effect [4].

Therefore, taking into account the research methods for new antioxidant agents, studies were carried out on fruits in the process of oxidation of sunflower oil using a concentration in the form of powder (finely crushed dry berries) of 0.05. 0.1%. Data on the study of the antioxidant activity of rowan fruits are given in Table 3.

Table 3 – Influence of rowan berries on the oxidation process of sunflower oil
(oxidation time - 5 hours, oxidation temperature – 150 °C, PV of unoxidized oil – 0.069)

№	Additive concentration, %	Peroxide value (PV), mmol ½ O / kg	Peroxide value (PV), mmol ½ O / kg	Coefficient of antioxidant effect, D, %
1	-	0,335	0,053	-
2	0,1	0,091	0,004	92,4
3	0,05	0,078	0,002	96,2

As evidenced by the experimental data in Table 3, rowan berries have a powerful complex of polyphenolic substances that give them high antioxidant properties.

Conclusions. We experimentally established that mountain ash berries have a fairly powerful complex of polyphenolic substances, which give them high antioxidant properties. This makes the plant a promising raw material that can be used as an additive to fats and oils and various fat-containing products to preserve their quality and nutritional value for long periods.

References

1. Statistical collection (2016). Balansy ta spozhyvannya osnovnykh produktiv kharchuvannya naselenniam Ukrayiny [Balances and consumption of basic foodstuffs by the population of Ukraine]. Kyiv : Konsultant [Kyiv : Konsultant], 54.
2. Simakova, O. O. (2021). *Perspektyvy vykorystannya amarantu bahryanoho v tekhnolohiyi vyrobiv iz drizhdzhovoho tista* [Prospects for the use of purple amaranth in the technology of yeast dough products], *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], 1 (42), 26–32. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-26-32>.
3. Levenspiel, O. (2016). *Inzheneriya khimichnykh reaktsiy* [Chemical reaction engineering]. New York: USA. 450 p.
4. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, 2, 11 (92), 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
5. Simakova, O. O., Horiainova, Iu. A., Pusikova, O. A., Vasylevska A. O. (2022). *Doslidzhennia mozhyvosti vykorystannia dobavok amarantu bahrianoho v tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv* [Investigation of the possibility of using amaranth supplements in the technology of bakery products]. *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], 1 (44), 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.
6. Pavliuk, R. Yu. (2010). *Aktyvatsiya roslynnykh biolohichno aktyvnykh rehovyn fizychnymy metodamy* [Activation of plant biologically active substances by physical methods] : monohrafiya. Kharkiv [Kharkiv], 157.
7. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanymy vlastyvostiamy* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties]. Kryvyi Rih, DonNUET Publ., 146 p.
8. Mykhalov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Iu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, 6, 11 (102), 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.
9. Korzun, V. N., Tykhonenko, Yu. S. (2010). *Funktsionalni produkty i yikh rol u kharchuvanni liudyny* [Functional products and their role in human nutrition]. Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii [Scientific Works of Odessa National Academy of Food Technologies], issue 38(2), pp. 173–178.
10. Jing, Peng, Juming, Tang. (2015). Thermal pasteurization of vegetables: critical. *Critical reviews in food science and nutrition*, 10, 430–440.

Список літератури

1. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України. Київ : Консультант, 2016. 54 с.
2. Сімакова О. О. Перспективи використання амаранту багряного в технології виробів із дріжджового тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2021. Вип. 1 (42). С. 26–32. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-42-1-26-32>.
3. Levenspiel O. Chemical reaction engineering. New York: USA. 2016. 450 p.
4. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Iu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2018. Vol. 2. №11 (92). P. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
5. Сімакова О. О., Горайнова Ю. А., Пусікова О. А., Василевська А. О. Дослідження можливості використання добавок амаранту багряного в технології хлібобулочних виробів.

Обладнання та технології харчових виробництв. 2022. Вип. 1 (44) С. 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.

6. Активация растительных биологически активных веществ физическими методами: монография / Павлюк Р. Ю. та ін. Харків, 2010. 157 с.

7. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ. 2018. 146 с.

8. Mykhaylov V., Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Simakova O., Goriainova Iu., Rogovaya A., Choni I. Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2019. Vol. 6. № 11 (102). P. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.

9. Корзун В. Н., Тихоненко Ю. С. Функциональные продукты и их роль у харчуванні людини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. Вип. 38(2). С. 173–178.

10. Jing Peng, Juming Tang. Thermal pasteurization of vegetables: critical. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015. Vol. 10. P. 430–440.

Мета – дослідження можливості використання горобини звичайної в якості потенційної сировини для виробництва харчової продукції.

Методи. Хімічний аналіз на загальний вміст фенольних речовин у плодах горобини проведений об'ємним методом, в основі якого лежить принцип окислення фенолів перманганатом калію в присутності індигокарміну. Наявність речовин фенольного характеру у складі плодів дослідженої рослини проводилося методом ІЧ-спектроскопії. Наявність структур поліфенольної природи в спиртовому екстракті плодів проводилося методом УФ-спектроскопії. Вивчення антиоксидантної дії плодів проводили прискореним методом з використанням стандартної методики, заснованої на вимірюванні значення перекисного числа – умовної одиниці, еквівалентної кількості йоду, який вивільнюється з проби з йодидом калію, з обумовленої одиниці маси олії перекисними сполуками, які утворюються в ній при окисненні киснем повітря. Більш інформативним показником активності антиоксиданту є така величина як приращення перекисного числа в одиницю часу в процесі окислення (δ ПЧ), яке дорівнює різниці перекисних чисел окисленого та неокисленого зразків олії.

Результати. Проведений хімічний аналіз на загальний вміст фенольних речовин у плодах горобини показав вміст фенольних речовин у субстраті 1950 мг / 100 г, що виводить ці плоди на одне з перших місць за вмістом Р-вітамінних речовин. Вони поступаються лише горобині чорноплідній, у якій кількість Р-вітамінних сполук іноді досягає 5000 мг / 100 г. Наявність речовин фенольного характеру у складі плодів дослідженої рослини підтверджується методом ІЧ-спектроскопії. УФ-спектри розведеного спиртового екстракту плодів також підтверджують наявність в них структур поліфенольної природи. Вони вміщують багато характеристичних смуг завдяки складній структурі різноманітних сполук, що входять до їх складу. Експериментально встановлено, що плоди горобини звичайної (червоноплідної) мають достатньо потужний комплекс поліфенольних речовин, які надають їм високих антиокислювальних властивостей. Це робить рослину перспективною сировиною, яку можливо використовувати в якості добавок до жирів та олій, а також різних жировміщуючих продуктів з метою збереження їх якості та харчової цінності протягом довгих строків.

Ключові слова: горобина звичайна, фенольні речовини, антиоксиданти, екстракт, олія, спектри.

ІМУНОМОДУЛЮЮЧІ СОУСИ З ШИПИНИ

UDC 641.887:[577.16:615.37]

Nakonechna A. S., PhD in Engineering sciences
Kovalchuk S. S., PhD in Engineering sciences

National University of Food Technology (Kyiv, Ukraine), e-mail: amartynyuk@i.ua

IMMUNOMODULATORY ROSEHIP SAUCES

Мета. Метою є дослідження та розробка інноваційної технології виробництва імуномодулюючих соусів, які збагачені рослинною сировиною зі збереженням поживної цінності продукту.

Методи. Основу дослідження склали методи теоретичного узагальнення наукової літератури та математичні розрахунки на основі довідникових даних.

Результати. Різноманіття соусів задовольняють смакові потреби будь якого споживача, в процесі приготування не всі соуси зберігають у своєму складі поживні речовини, а саме вітаміни, мінерали, амінокислоти та інші корисні речовини. У статті доведено доцільність розробки технології імуномодулюючих соусів для закладів ресторанного господарства, які матимуть поліпшені органолептичні показники, підвищену енергетичну, харчову та поживну цінність. Досліджено можливість розширення асортименту імуномодулюючих соусів за рахунок використання рослинної сировини, а саме плодів шипшини.

На основі літературного аналізу досліджено хімічний склад шипшини, як сировини для покращення імунної системи. Щоб продовжити термін зберігання і використання шипшини запропоновано зберігати її шляхом заморожування у вигляді половинок або у пюреподібному вигляді. З метою збереження максимальної кількості корисних термолабільних компонентів у готовому продукті. На основі наукових даних обрано вітаміни і мінерали, які сприяють зміцненню імунної системи людини. Запропоновано три рецептурні композиції імуномодулюючих соусів. Доведено доцільність модифікації традиційної рецептури за рахунок застосування замороженої рослинної сировини плодів шипшини. Перспективи подальших наукових розробок полягають у можливості розширення асортименту імуномодулюючих соусів для закладів ресторанного господарства за рахунок використання рослинної сировини та збереження корисних властивостей.

Ключові слова: імуномодулюючі соуси, вітаміни, мінерали, шипшина, заморожування, мед квітковий, термолабільні компоненти.

Постановка проблеми. Харчування відіграє важливу роль у формуванні стану здоров'я людини, її працездатності і тривалості життя. Аналіз харчування людей за останніх кілька років показує, що в раціоні населення збільшується кількість тваринних жирів, вуглеводів та зменшується вміст вітамінів, мікро- та мікроелементів, харчових волокон та інших корисних складових [1]. Це у свою чергу призводить до нестачі споживання організмом необхідних корисних складових, які впливають на загальний стан людини, в додачу, погіршенням екологічних проблем в Україні та їх загострення у період воєнних дій,

призводять до зниження імунітету населення та захворювань пов'язаних із харчуванням. Тому створенню та розробці здорових продуктів харчування відводиться особлива роль, як в Україні так і за її межами.

Все більшої популярності серед населення набуває здорове харчування та споживання екологічно чистих продуктів. На полицях супермаркетів та в закладах ресторанних господарств є величезний асортимент соусів, однак завданням їх основної кількості – це надання стравам особливого смаку, зовнішнього вигляду, покращення аромату. Тому доцільно збагатити сегмент харчування соусами, які посилюватимуть імунну систему організму населення.

Розробка інноваційних соусів з використанням сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин, населення є актуальним завданням у виготовленні харчових продуктів. Рушійною силою збільшення попиту і головним джерелом прибутку є інноваційні продукти. В сучасних умовах змінюються вимоги до асортименту, технологічних особливостей виробництва, споживних властивостей соусів, які повинні зберігати стабільні показники під дією різних чинників. Останнім часом все більшого розповсюдження в ресторанному господарстві є застосування комбінування соусів із гарячими та холодними стравами на основі м'яса, риби, птиці, дичини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробка технології соусів, за рахунок використання рослинної сировини для закладів ресторанного господарства є актуальним питанням [3-5].

У роботах М.І. Пересічного, Л.М. Тележенко, О.О. Гринченко, М.Ф. Кравченка, Ю.В. Левченка розглянуто наукові основи застосування рослинної сировини, для приготування соусів.

Раціональний підбір складових соусів, технологічних параметрів виробництва є ключовим питанням одержання імуномодельючих соусів для закладів ресторанного господарства, зі збереження корисних речовин. Застосування плодів шипшини для виробництва соусів практично не вивчено.

Мета статті – дослідження та розробка інноваційної технології виробництва імуномодулюючих соусів збагачених рослинною сировиною зі збереженням поживної цінності продукту.

Виклад основного матеріалу досліджень. Рослинна сировина багата на вітаміни, мікроелементи та інші хімічні складові, які відіграють важливу роль у злагодженому функціонуванні організму людини. Рослинний світ настільки багатий, що людство і до цього часу не має уявлення про певні види рослин та їх корисні властивості. У зв'язку з швидким темпом життя та сучасною екологічною ситуацією у світі сучасна людина має вживати не лише смачну їжу але і корисну [6]. У більшості людей є схильність до авітамінозу. Авітаміноз здебільшого є наслідком нераціонального харчування та зниження фізичних навантажень протягом тривалого часу [7, 8].

Вітаміни, які укріплюють імунітет – це вітамін С, вітамін А, вітамін Д, вітамін Е, вітаміни групи В, зокрема, В6 та фолієва кислота, бажано, щоб були в комплексі з цинком, селеном, залізом та міддю [7-12].

При розробці рецептури соусів з імуномодельючими властивостями дуже важливим є вибір сировини, які містять значну кількість вітамінів та мікронутрієнтів, які мають стимулюючі властивості [4, 12].

Здавна відомо, що для лікування застуди вживали чай з шипшини, яка має корисні властивості та містить в своєму складі високий вміст вітаміну С. Шипшина росте на схилах, узлісся, а саме на Поліссі, в лісостеповій та степовій зоні України. Цвіте у травні — червні, плоди досягають у серпні — вересні. Стіглі плоди шипшини мають темно червоне забарвлення, кисло-солодкі на смак, в середині яких знаходиться насіння.

Шипшина – рід рослин сімейства Трояндові, лікарська рослина, яка здавна використовувалася в народній медицині, завдяки великим перевагам для здоров'я,

обумовленим певним хімічним складом [13, 14]. В таблиці 1 наведено вміст харчових речовин: калорійності, білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінералів на 100 г їстівної частини.

Плоди шипшини мають високу біологічну активність і цілющі властивості. За кількісним вмістом і різноманітності вітамінів і корисних нутрієнтів вони значно перевершують інші рослини [13, 14].

Шипшина – рекордсмен за кількістю вітаміну С. У 100 г сухих плодів його міститься приблизно 18 денних доз, що в 10 разів більше, ніж в чорній смородині і в 50 разів – ніж у лимоні. Вітамін С, допомагає людському організму засвоювати залізо, знижувати рівень холестерину й захищати від вільних радикалів, особливо чутливий до наявності кисню і світла.

Таблиця 1 – Хімічний склад шипшини

Хімічний склад	Вітаміни	Макроелементи
Білки – 1,6 г	Вітамін РР – 0,6 мг	Кальцій – 28 мг
Жири – 0,7 г	β-каротин – 2,6 мг	Магній – 8 мг
Вуглеводи – 22,4 г	Вітамін А (РЕ) – 434 мкг	Натрій – 5 мг
Вода – 60 г	Вітамін В ₁ (тіамін) – 0,05 мг	Калій – 23 мг
Харчові волокна – 10,8 г	Вітамін В ₂ (рибофлавін) – 0,13 мг	Фосфор – 8 мг
Органічні кислоти – 2,3 г	Вітамін С – 650 мг	Мікроелементи
Моно- і дисахарид – 19,4 г	Вітамін Е (ТЕ) – 1,7 мг	Залізо – 1,3 мг
Крохмаль – 3 г	Вітамін РР (ніациновий еквівалент) – 0,7 мг	Цинк – 1,1 мг
Зола – 2,2 г		Мідь – 3700 мкг
Насичені жирні кислоти – 0,1 г		Марганець – 19 мг
Калорійність шипшини – 109 ккал		Молібден – 4330 мкг

Крім вітаміну С шипшина містить такі мікронутрієнти:

→ вітаміни В₁, В₂ – беруть участь білковому і вуглеводному метаболізмі, відповідають за здоров'я слизових оболонок, шкіри та волосся;

→ вітамін РР (В₃) – необхідний для кращого засвоєння вітаміну С, клітинного дихання, роботи серцево-судинної системи;

→ вітамін Е – антиоксидант, стимулює синтез гемоглобіну, білків, необхідний для засвоєння вітаміну А, перешкоджає старінню;

→ вітамін А (найбільше β-каротину і лікопіну) – антиоксидант, необхідний для росту тканин, здоров'я органів зору, підвищення імунітету;

→ вітамін К – сприяє нормальному згортанню крові, мінералізації кісткової тканини, бере участь в утворенні АТФ – постачальника енергії для біохімічних реакцій.

Макро- і мікроелементний склад шипшини представлений цинком, марганцем, кальцієм, калієм, залізом, фосфором, магнієм, натрієм, молібденом і міддю. Крім того, вона містить пектинові, азотисті і дубильні речовини, фітостеніни (7 фракцій з переважанням β-ситостерин), лікопін, рубиксантин, пентозани, а також флавоноїди і ефірні олії. Плоди шипшини мають фітонцидні і потужні бактерицидні властивості. Вони містять велику кількість антиоксидантів. Але найголовніше – плоди шипшини є цінним полівітамінним засобом.

Шипшина – це рослина, що володіє величезною кількістю корисних властивостей для організму людини. Оскільки шипшина це сезонна сировина, щоб продовжити її термін зберігання і використання її можна висушити або заморозити. Вважається, що заморожування є більш ефективним, оскільки зберігається більша кількість вітамінів у продукті [15, 16]. При правильному заморожувані і зберіганні сировини її поживна цінність зберігається майже на рівні свіжої. Що стосується вітамінів, то знижується тільки вміст вітаміну С. При зберіганні сировини в замороженому стані протягом шести місяців, вміст вітаміну С зменшується всього

на 10-15%. Це набагато менше, ніж при термічній обробці, коли він руйнується практично повністю. Всі інші вітаміни не бояться низьких температур, тому дуже добре зберігаються в заморожених вигляді [17].

Заморожування уповільнює процес зниження поживності продукту. Заморожують цілі плоди шипшини, половинки та у вигляді пюре. Ягоди повинні бути однакового червоного кольору, тільки стиглі, ні в якому разі не зіпсовані та не м'яті. Перед заморожуванням свіжих плодів шипшини всі хвостики та листочки видаляють, ягоди ж варто добре промити та просушити. Потім підготовлені ягоди розкладають в один шар на дерев'яну дошку і поміщають на 2 години в морозилку. Оптимальна температура зберігання – від -18 °С до -20 °С: при таких умовах термін придатності збільшується до 10-12 місяців. Однак не рекомендується зберігати плоди шипшини більше 6 місяців, оскільки збільшуються втрати вітаміну С. Якщо заморожувати половинчасті ягоди, то необхідно відібрані, помиті та висушені плоди шипшини розрізати навпіл і виїняти насіння. Для заморозки меленої в пюре шипшини необхідно ягоди помити, розрізати навпіл і виїняти насіння. Половинки залити водою, так залишити на кілька днів, за цей період шипшина має розм'якнутися. Далі використовуємо подрібнювач або сито, за допомогою яких легко зробити з підготовленої маси пюре. Перекласти масу у форми і відправити на 2 години в морозильну камеру. Далі витягнути заморожену суміш і перекласти для тривалого зберігання в щільні пакетики назад у морозилку. Для приготування соусів використовувалися заморожені половинки шипшини, які звільнені від насіння. Під час заморожування половинок шипшини, вода, яка знаходиться в клітинах замерзає і утворені кристали льоду руйнують стінки клітин. В результаті дефростації шипшина має м'якшу структуру, яка легко подрібнюється за допомогою подрібнювача. Технологія приготування соусів відпрацьована в лабораторних умовах. Для обраної нами технології було розроблено 3 модельні композиції (табл. 2).

Розроблені соуси є додатковою складовою до готової страви. У технології приготування даних соусів немає високотемпературної теплової обробки, що дає змогу максимально зберегти термолабільні складові, а саме вітамін С. До рецептури соусів не входять штучні стабілізатори, барвники, стабілізатори і смакові підсилювачі, усі складові є виключно натуральними. Для нормального функціонування організм людини має отримувати з продуктами харчування необхідну кількість білків, жирів і вуглеводів, а також вітамінів і мінеральних речовин. Їх співвідношення і якісний склад визначають поживні властивості харчового продукту, а також його енергетичну цінність.

Таблиця 2 – Рецептурні композиції імуномодуючих соусів збагачених шипшиною

Рецептура соусу «Медово-гірчичний з шипшиною»			Рецептура соусу «Медово-лимонний з шипшиною»			Рецептура соусу «Пікантна шипшина»		
Сировина	Брутто, г	Нетто, г	Сировина	Брутто, г	Нетто, г	Сировина	Брутто, г	Нетто, г
Шипшина	50	45	Шипшина	33	30	Шипшина	41	38
Мед квітковий	15	15	Мед квітковий	25	25	Мед квітковий	25	25
Оливкова олія	15	15	Оливкова олія	13	13	Оливкова олія	15	15
Діжонська гірчиця	15	15	Лимонний сік	15	15	Лимонний сік	10	10
Цедра лимона	7	7	Рублений часник	5	5	Рублений часник	5	5
Мускатний горіх	1	1	Соєвий соус	10	10	Перець стручковий	15	5
Сіль	2	2	Розмарин	2	2	Сіль	2	2
Вихід		100	Вихід		100	Вихід		100

Використовуючи довідникові дані було проведено макронутрієнтний склад розроблених імуномодуючих соусів (табл. 3).

Таблиця 3 – Макронутрієнтний склад соусів на 50 г продукту

Назва соусу	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г		Клітковина, г	Q, ккал
			Моносахариди	Крохмаль		
Медово-гірчичний з шипшиною	0,63	8,15	9,72	0,41	1,64	121
Медово-лимонний з шипшиною	0,8	6,5	11,4	2,1	0,9	117
Пікантна шипшина	0,6	7,65	11,85	1,1	0,83	122

Із результатів таблиці можемо зробити такий висновок, що всі запропоновані соуси мають не високу калорійність та порівняно не високий вміст клітковини. Найвищий вміст білка має соус «Медово-лимонний з шипшиною», до складу якого входить соєвий соус. Відносно високий вміст жирової складової пов'язаний з вмістом у рецептурі оливкової олії.

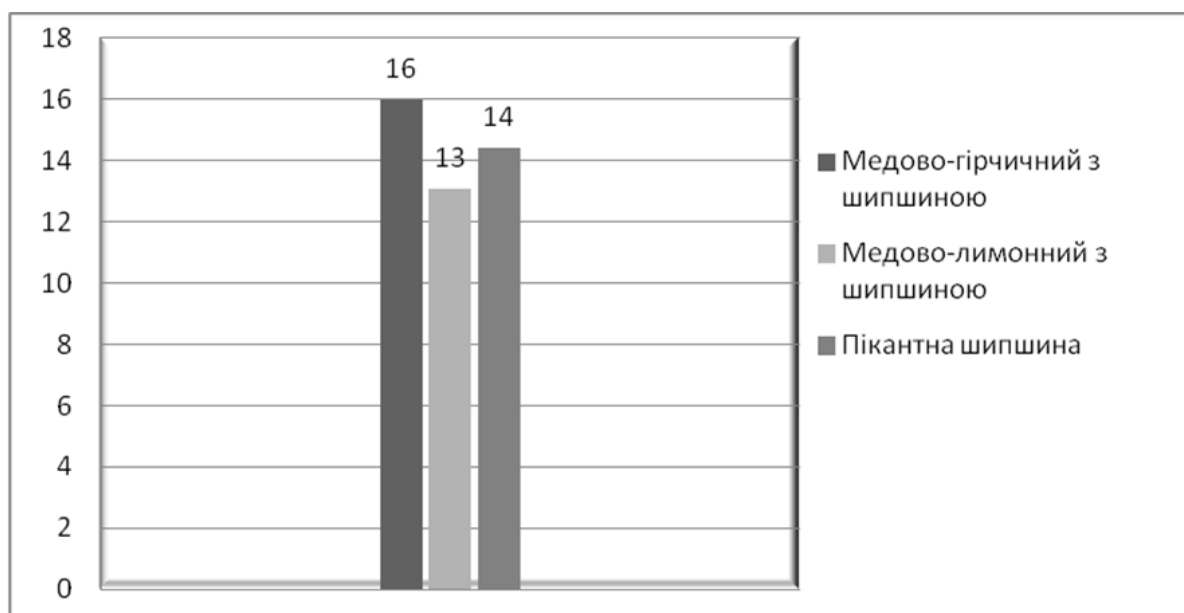


Рисунок 1 – Цукрово-кислотний індекс імуномодуючих соусів

Діапазон показника цукрово-кислотного індексу 13...27 свідчить про гармонійність смаку, розроблені соуси в межах цього діапазону. Соуси не є окремою стравою, а доповненням до готових страв, тому повнота їх смаку буде скоригована. Розроблені соуси містять у своєму складі вітаміни А, С та мікроелемент Fe, що входять до групи вітамінів і мінералів, які укріплюють імунітет.

Добова норма вітаміну А становить 1000 мкг, вітаміну С – 80 мг, а мікроелементу Fe – 15 мг, згідно Наказу № 1073 від 03.09.2017 МОЗ «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії» [17].

На рис. 2 наведені порівняльні данні вмісту вітаміну С у розроблених соусах зі свіжої та замороженої шипшини з добовими нормами. Вміст вітаміну С у розроблених соусах із свіжої і замороженої шипшини є вищим за добову норму, що свідчить про імуномодулюючі властивості соусів. Вміст вітаміну С у соусах виготовлених із замороженої шипшини встановлено розрахунково, знаючи втрати вітаміну С (до 15%) під час зберігання в замороженому стані.

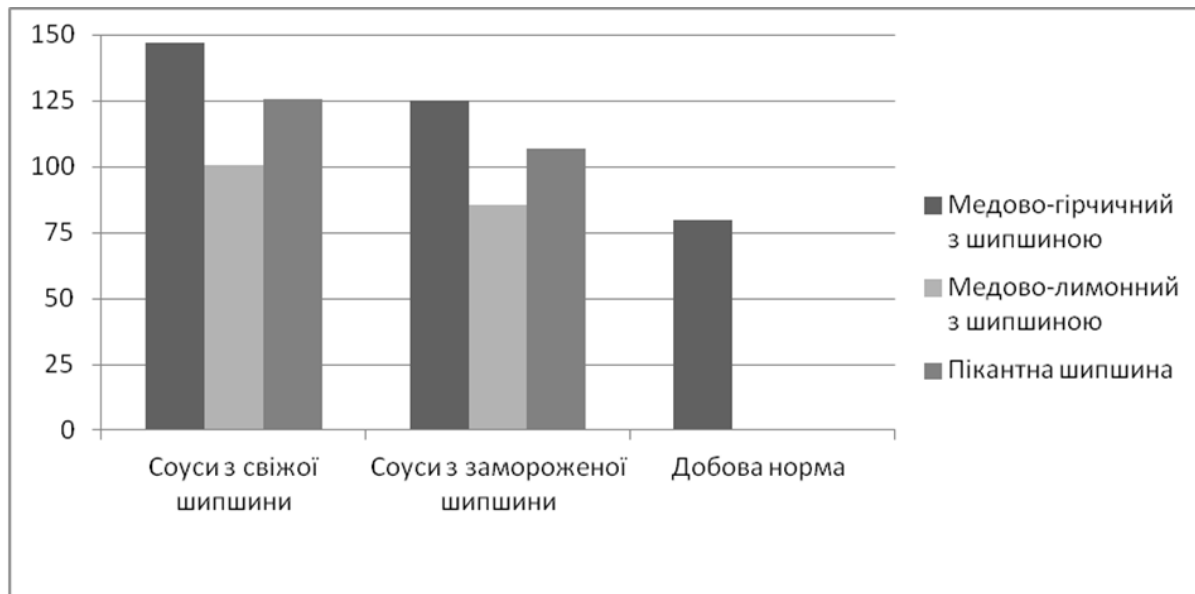


Рисунок 2 – Вміст вітаміну С (мг) в імуномодулюючих соусах у порівнянні з добовими нормами

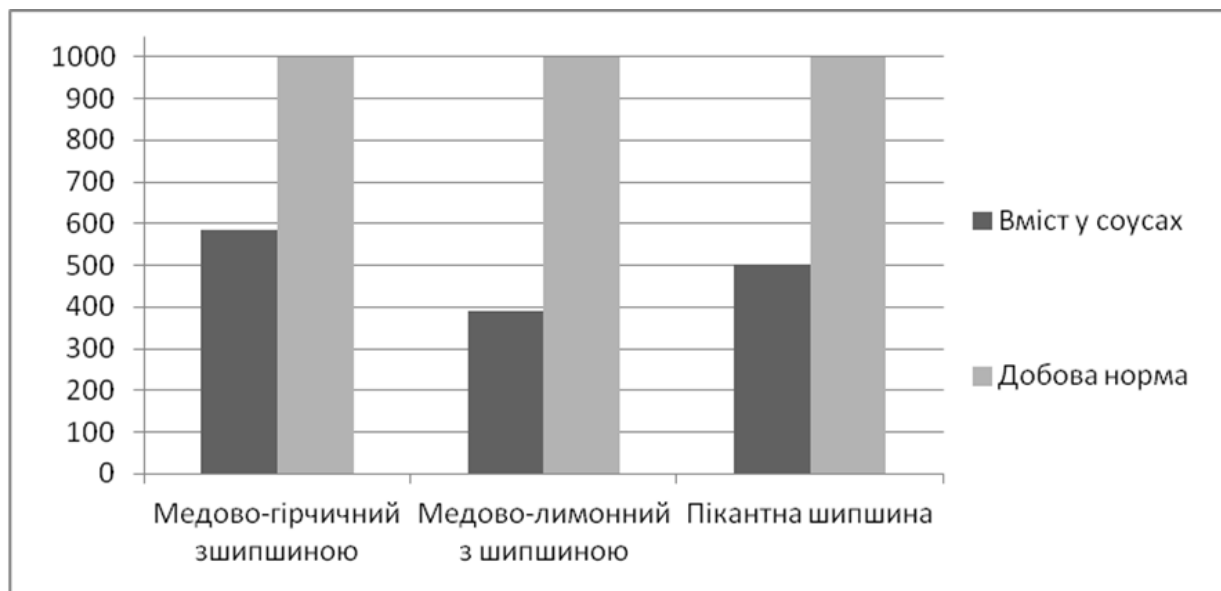


Рисунок 3 – Вміст вітаміну А (мкг) в імуномодулюючих соусах у порівнянні з добовими нормами

На рис. 3 наведені порівняльні данні вмісту вітаміну А у порції розроблених соусів з добовими нормами. Соуси «Медово-гірчичний з шипшиною», «Медово-лимонний з шипшиною» та «Пікантна шипшина» задовольняють добові потреби у вітаміні А на 59%, 40% та 50% відповідно.

Найбільше мінералу Fe у соусі «Медово-гірчичний з шипшиною» 2,7 мг, що задовольняє добову потребу на 18%, соус «Медово-лимонний з шипшиною» задовольняє потребу у Fe на 12%, а соус «Пікантна шипшина» – на 15%.

Було проведено визначення органолептичних показників якості розроблених імуномодельюючих соусів. Соуси оцінювали за зовнішнім виглядом, кольором, консистенцією, смаком та запахом. Проведений аналіз підтвердив їх високу якість.

Технології розроблених соусів з шипшини, можуть бути впроваджені у закладах ресторанного господарства, а також рекомендовані для домашнього приготування.

Запропоноване технічне рішення виробництва соусів «Медово-гірчичний з шипшиною», «Медово-лимонний з шипшиною» та «Пікантна шипшина» передбачає: первинну обробку плодів шипшини, а саме інспектування, миття, сортування та отримання однорідної консистенції (або використовувати заморожені плоди шипшини чи пюре, в період коли відсутня свіжа сировина, попередньо повільно розморозити при кімнатній температурі), за допомогою подрібнювача; розтоплення меду на водяній бані при температурі 30...35°C протягом 5...10 хвилин; інспекцію, ароматичної сировини – мускатний горіх, цедра лимона («Медово-гірчичний з шипшиною») змішування рецептурних компонентів; порціонування; оформлення та відпускання.

Для покращення імуномодулюючих властивостей соусів рекомендовано подавати соуси з салатами, які багаті на вітаміни D, E, B₆, B₉ в комплексі з цинком, селеном та міддю. Саме ті вітаміни і мінерали, які відсутні у запропонованих соусах, або містяться в незначній кількості. У таблиці 4 наведено основні джерела імуномодельюючих вітамінів і мінералів, які рекомендовані до складу салатів.

Таблиця 4 – Основні джерела імуномодельюючих вітамінів та мінералів

Назва	Основні джерела
Вітамін D (кальциферол)	Печінка тунця, тріски, риб'ячий жир.
Вітамін E (токоферол)	Салат, шпинат, молоді паростки злаків. Міститься в рослинних оліях.
Вітамін B ₆ (піридоксин)	М'ясо, риба, печінці великої рогатої худоби і багатьох рослинних продуктах
Вітамін B ₉ (фолієва кислота)	Салат, шпинат, зеленій петрушці, кольоровій і качанній капусті, помідори, яблука
Мікроелемент Zn (цинк)	Банани, гарбузове насіння, бобові, зернові, горіхи
Мікроелемент Cu (мідь)	Горіхи, морепродукти
Мікроелемент Se (селен)	Виноград, гриби, морепродукти

Висновки. Сучасні умови життя та прагнення населення до ведення здорового способу харчування сприяють розробленню і розширенню ринку соусної продукції, з використанням лише натуральної та корисної сировини, без використання штучних компонентів. На основі цього було розроблено три рецептури імуномодулюючих соусів. На основі літературних джерел обрано вітаміни і мінерали, які сприяють зміцненню імунної системи людини. Для приготування соусів обрано шипшину, як сировину дуже багату на вміст вітамінів A, C та мікроелементу заліза. Вміст вітаміну C у розроблених соусах із свіжої і замороженої шипшини є вищим за добову норму в 1,05-1,55 рази. Соус «Медово-гірчичний з шипшиною» майже на 59% задовольняє добову норму у вітаміну A та на 18% – добову норму у мікроелементі Fe. Соус «Медово-лимонний з шипшиною» на 40% задовольняє добову норму у вітаміну A та на 12% – добову норму у мікроелементі Fe. Соус «Пікантна шипшина» задовольняє добові потреби у вітаміну A на 50% та на 15% – добову норму у мікроелементі Fe. Розроблені імуномодулюючі соуси мають приємний вигляд та гармонійний смак, що підтверджують отримані данні цукрово-кислотних індексів. Шипшина – це сезонна сировина, щоб продовжити її термін зберігання і використання запропоновано її зберігати шляхом

заморожування у вигляді половинок або у пюреподібному вигляді. Запропоновані технології соусів прості у приготуванні, також відсутні операції з високою температурою, що дозволяє максимально зберегти корисні речовини, а саме термолабільний вітамін С. Технології розроблених соусів з шипшини, можуть бути впроваджені у закладах ресторанного господарства, а також рекомендовані для домашнього приготування.

Список літератури

1. Kamiński M., Skonieczna-Żydecka K., Nowak J. K., Stachowska E. Global and local diet popularity rankings, their secular trends, and seasonal variation in Google Trends data. *Nutrition*. 2020. № 79-80. 110759. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110759>.
2. Дейниченко Г. В., Листопад Т. С., Колісниченко Т. О. Обґрунтування доцільності використання водоростевої сировини при виготовленні соусів із дикорослих та культивованих ягід. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2018. №18. Т. 1. С. 29-36.
3. Карпенко Л. Інноваційні технології оздоровчих харчових продуктів на основі плодоовочевої сировини. *Scientific environment of modern human*. 2021. №19-01. С. 12-46.
4. Кравченко М. Ф., Антоненко А. В., Михайлик В. С. Плодово-ягідні системи як основа для соусів. *Прогресивні техніка і технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*: зб. наук. пр. Харків: ХДУХТ. 2012. Ч. 1. С. 49-55.
5. Колесниченко С. Л., Тележенко Л. Н. Страви молекулярної кухні профілактичного призначення. *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. №44 (2). С. 126–129.
6. Наконечна А., Ковальчук С., Година В. Удосконалення рецептури солодких соусів із використанням плодів шипшини. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека*: мат. Міжнар. наук.-практ. конф., 17-18 листопада 2021 р., м. Київ. Київ: НУХТ, 2021. С. 81–82. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/37595>.
7. Мазаракі А. А., Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О., Пересічна С. М. та ін. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: монографія / за ред. М. І. Пересічного. 2-ге вид., переробл. і доп. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 116 с.
8. Титаренко А. В., Гришина Е. О. Вплив вітамінів та мінералів на організм людини. *Наукові записки КНТУ*. 2011. №11. С. 240-246.
9. Kumar P., Kumar M., Bedi, O., Gupta M., Kumar S., Jaiswal B., Jamwal S. Role of vitamins and minerals as immunity boosters in COVID-19. *Inflammopharmacology*. 2021. 29 (4). P. 1001-1016.
10. Козонова Ю., Тележенко Л., Атанасова В. Імуномодельючі соуси. *Продовольчі ресурси*. 2021. №9 (16). С. 98-108.
11. Shojadoost B., Yitbarek A., Alizadeh M., Kulkarni R. R., Astill J., Boodhoo N., Sharif S. Centennial Review: Effects of vitamins A, D, E, and C on the chicken immune system. *Poultry Science*. 2021. 100 (4). 100930. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.027>.
12. Тележенко Л. М., Жмудь А. В. Креативні соуси-дресінги – нові продукти на ринку України. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 4. С. 49-51.
13. Джей Джи. Довідник цікавих фактів та корисних знань. Хімічний склад шипшини. URL: <https://dovidka.biz.ua/himichniy-sklad-shipshini>.
14. Киурчев С., Гловацкий С., Верхованцева В. Инновационный подход к хранению ягод в современном. *Новації в технології і обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*. 2020. №34. С. 62-64.
15. Зарецька Д. К., Сердюк М. Є. Моделювання рецептури замороженого напівфабриката з підвищеним вмістом аскорбінової кислоти. *Галузеве машинобудування*. 2020. № 84. С. 3166.
16. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: наказ № 1073 від 03.09.2017 Міністерства охорони здоров'я.

References

1. Kamiński, M., Skonieczna-Żydecka, K., Nowak, J. K., Stachowska, E. (2020). Global and local diet popularity rankings, their secular trends, and seasonal variation in Google Trends data. *Nutrition*, 79-80. 110759. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110759>.
2. Deinychenko, H. V., Lystopad, T. S., Kolisnychenko, T. O. (2018). Obgruntuvannya dotsilnosti vykorystannia vodorostevoi syrovyny pry vyhotovlenni sousiv iz dykoroslykh ta kultyvovanykh yahid. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 18 (1), 29-36.
3. Karpenko, L. (2021). Innovatsiini tekhnolohii ozdorovchykh kharchovykh produktiv na osnovi plodoovochevoi syrovyny. *Scientific environment of modern human*, 19-01, 12-46.
4. Kravchenko, M. F., Antonenko, A. V., Mykhailuk, V. S. (2012). Plodovo-yahidni systemy yak osnova dlia sousiv. *Prohresyvni tekhnika y tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr.* Kharkiv: KhDUKhT, 49-55.
5. Kolesnychenko, S. L., Telezhenko, L. N. (2013). Stravy molekuliarnoi kukhni profilaktychnoho pryznachennia. *Naukovi pratsi ONAKhT*, 44 (2), 126-129.
6. Nakonechna, A., Kovalchuk, S., Hodyna, V. (2021). Udoskonalennia retseptury solodkykh sousiv iz vykorystanniam plodiv shypshyny. *Health food products and dietary supplements: technologies, quality and safety: Mat. International science and practice conference*, Kyiv: NUHT, 81-82.
7. Mazaraki, A. A., Peresichnyi, M. I., Kravchenko, M. F., Karpenko, P. O., Peresichna, S. M. (2012). Tekhnolohiia produktiv kharchuvannia funktsionalnoho pryznachennia. 2-he vudannya. [Monohrafiia] Kyiv: KNTU, 166.
8. Tytarenko, A. V., Hryshyna, E. O. (2011). Vplyv vitaminiv ta mineraliv na orhanizm liudyny. *Naukovi zapysky KNTU*, 11, 240-246.
9. Kumar, P., Kumar, M., Bedi, O., Gupta, M., Kumar, S., Jaiswal, G., Jamwal, S. (2021). Role of vitamins and minerals as immunity boosters in COVID-19. *Inflammopharmacology*, 29(4), 1001-1016.
10. Kozonova, Yu., Telezhenko, L., Atanasova, V. (2021). Imunomodeliuiuchi sousy. *Prodovolchi resursy*, 9 (16), pp. 98-108.
11. Shojadoost, B., Yitbarek, A., Alizadeh, M., Kulkarni, R. R., Astill, J., Boodhoo, N., Sharif, S. (2021). Centennial Review: Effects of vitamins A, D, E, and C on the chicken immune system. *Poultry Science*, 100 (4), 100930. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.027>.
12. Telezhenko, L. M., Zhmud, A. V. (2014). Kreatyvni sousy-dresinhy - novi produkty na rynku Ukrainy. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 4, 49-51.
13. Dovidnyk tsikavykh faktiv ta korysnykh znan. Khimichni sklad shypshyny. URL: <https://dovidka.biz.ua/himichniy-sklad-shipshini>.
14. Kyurchev, S., Hlovatskyi, S., Verkholtantseva, V. (2020). Ynnovatsyionnyi podkhod k khranenyiu yahod v sovremennom. *Novatsii v tekhnolohii y obladnanni hotelno-restorannikh, kharchevikh y pererobnykh virobnitstv*, 62-64.
15. Zaretska, D. K., Serdiuk, M. Ye. (2020). Modeliuvannia retseptury zamorozhenoho napivfabrykata z pidvyshchenym vmistom askorbinovoi kysloty. *Haluzeve mashynobuduvannia*, 3166.
16. Order No. 1073 of 03.09.2017 of the Ministry of Health "On approval of the Norms of the physiological needs of the population of Ukraine in basic nutrients and energy".

Objective. The goal is to research and develop innovative technology for the production of immunomodulating sauces enriched with plant materials while maintaining the nutritional value of the product.

Methods. The research was based on methods of theoretical generalization of scientific literature and mathematical calculations based on reference data.

Results. *A variety of sauces satisfy the taste needs of any consumer; during the preparation process, not all sauces contain nutrients, namely vitamins, minerals, amino acids and other beneficial substances. The article proves the feasibility of developing technology for immunomodulating sauces for restaurant establishments, which will have improved organoleptic characteristics, increased energy, food and nutritional value. The possibility of expanding the range of immunomodulating sauces through the use of plant raw materials, namely rose hips, has been explored.*

Based on literary analysis, the chemical composition of rose hips as a raw material for improving the immune system was studied. To extend the shelf life and use of rose hips, it is proposed to store it by freezing in the form of halves or purees. In order to preserve the maximum amount of useful thermolabile components in the finished product. Vitamins and minerals that help strengthen the human immune system have been selected based on scientific data. Three recipe compositions of immunomodulating sauces have been proposed. The feasibility of modifying the traditional recipe through the use of frozen plant raw materials of rose hips has been proven. Prospects for further scientific developments lie in the possibility of expanding the range of immunomodulating sauces for restaurant establishments through the use of plant raw materials and preserving beneficial properties.

Keywords: *immunomodulating sauces, vitamins, minerals, rose hips, freezing, flower honey, thermolabile components.*

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2024-48-1-23-31

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor*

Bodnaruk O.A., assistant

Pereverzev O. P., a graduate of a master's degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky
(Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

QUALITY AND SAFETY OF SEMI-FINISHED VEGETABLE AND BERRY PUREE

УДК 664.5:664.87

Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент

Боднарук О. А., асистент

Переверзєв О. П., здобувач СВО магістра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-
Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА ПОРЕПОДІБНИХ ОВОЧЕВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Objective is to determine the main indicators of quality and safety of a semi-finished product based on mashed pumpkin and sea buckthorn fruits.

Methods. Sampling was conducted according to requirements of DSTU ISO 874-2002, the preparation of samples for laboratory tests according to DSTU 7040:2009. Physico-chemical parameters were determined: content of dry substances in raw material – according to DSTU ISO 751-2004; mass fraction of soluble solids – refractometric method according to DSTU ISO 2173:2007; the content of polyphenolic substances – method Volna-Ciocalteu; mineral composition was determined by atomic absorption method using a chromatograph Z-8000 (Hitachi, Japan). Sampling for microbiological analysis was carried out according to GOST 26668-85, sample preparation was carried out in accordance with GOST 26669-85, cultivation of microorganisms GOST 26670-91. Determination of yeasts and molds according to GOST 10444.12-88, of bacteria of group of intestinal sticks according to GOST 30518-97, lactic acid microorganisms according to GOST 10444.11-94. Determination of toxic elements was carried out: cadmium – according to DSTU ISO 6561:2004, lead – according to DSTU ISO 6633:2001, arsenic – DSTU ISO 6634:2004, zinc – according to DSTU ISO 6636-2:2004, mercury – DSTU ISO 6637:2001.

Results. It was established that according to microbiological and toxicological indicators, the developed mashed potatoes do not exceed the established limit-permissible concentrations and meet the requirements of the standards. The developed purees have a number of advantages compared to the control (pumpkin puree) in terms of physical and chemical parameters: the ash content is 4.3-4.4 times higher (due to the increased content of potassium, calcium, magnesium and phosphorus), the carotenoid content is 1.9-4.6 times, pectins - 1.4 times (dessert puree) and 1.3 times (spicy puree). After 90 days of storage in the dessert puree, there was a slight decrease in the expressiveness of the smell, as well as the intensity and naturalness of the taste of sea buckthorn, and in the spicy puree, the smoothness of the surface, gloss and expressiveness of the smell of spices decreased.

Key words: semi-finished puree, pumpkin, sea buckthorn, safety indicators, quality indicators.

Formulation of the problem. Possibility to reduce storage and transportation costs, smoothing out the seasonality of canning production and the growing demand for reconstituted juices with pulp, nectars, sauces and food additives are contributing to the spread of concentrated semi-finished products throughout the world [1, 2].

The use of vegetable purees allows you to enrich the finished product with soluble and insoluble dietary fiber, and, as a result, recommend the resulting products as a healthy food product, as well as for people suffering from excess weight and carbohydrate metabolism disorders [3].

The vegetable puree market segmentation, based on category, includes organic and conventional. The organic category generated the most income. Homemade baby food often uses organic vegetable puree. It offers a wholesome and palatable way to introduce vegetables to young children. You can make organic vegetable purees from various vegetables, including carrots, sweet potatoes, peas, spinach, and butternut squash, and they'll give your baby the essential vitamins, minerals, and fiber they need to grow and develop normally. Organic vegetable purees can serve as the foundation for scrumptious sauces and dips. They can be used in dressings, marinades, marinara, and pasta sauces. These recipes gain a nutritional boost and improve flavor and texture when adding organic vegetable puree [4].

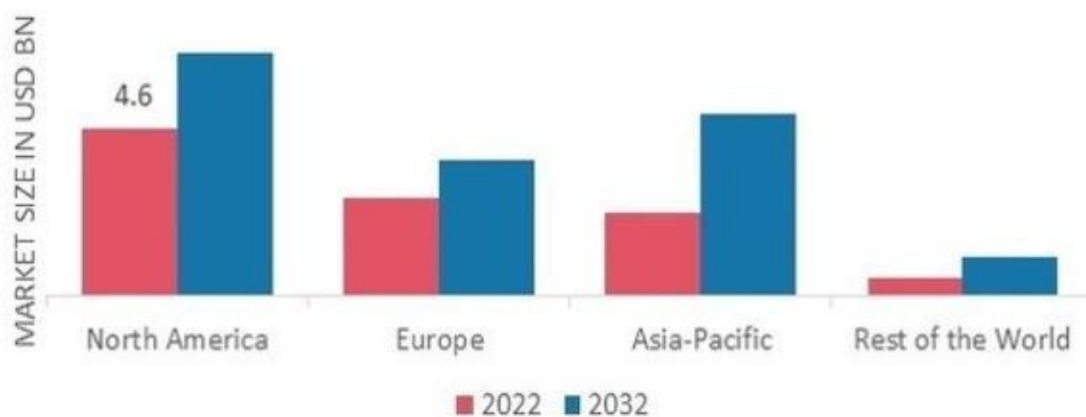


Figure 1 – Segmentation analysis of the vegetable puree market (source [5])

Market of a compound annual growth rate for the vegetable puree market is being driven by the rising popularity of healthy eating has created several business opportunities for those who sell and produce vegetable mash. Consumers now perceive it as a food component that satisfies nutritional needs and cuts down on cooking time. Additionally, the popularity of clean-label assurance products and the healthy eating fad has pushed producers to use organic vegetables when making vegetable mash. In the upcoming years, the aforementioned factors are anticipated to propel the vegetable puree industry.

A significant trend is the digitalization of the supply and value chains. The traditional supply chain model is a system that relies primarily on human interaction and interventions and uses less digitalized platforms. The importance of digitalization in the supply chain for processed vegetables is rising. Several outlines call for hassle-free operations beginning with the raw material purchase to cut down on waste and losses. The manufacturers are putting much effort into implementing digital control, design, synchronization, and other techniques to monitor the process's flow. To establish quality standards and gather market information, many customers, particularly millennials who might lack the knowledge, tools, or time to prepare meals, open up new opportunities to develop more upscale convenience and ready-to-eat foods. With so many rural children suffering from malnutrition, there is a high demand for baby foods containing vegetable puree. To meet this demand, key domestic players in the region focus on introducing new products by collaborating with pertinent stakeholders. This will help them advance their R&D initiatives, provide toddlers and young children with nutrient-rich food, and strengthen their distribution network [4, 5].

Additionally, the market now offers healthy yet palatable vegetable mash without compromising its nutrient content and several beverages and condiments thanks to the increased capitalization on technological advancements and research & development centers. Data is gathered at the sector association levels. This information aids in increasing supply chain visibility and control. Accessibility, analysis, and product innovation will all benefit from digitizing these data. Consumer awareness of the benefits of natural, plant-based products for health has significantly increased over the last few years. Veganism is a rapidly growing trend that has swept the world. In addition, fewer fruits and vegetables are associated with a higher risk of developing several chronic diseases. Vegetable mash is thus a practical way to include the health benefits of vegetables in a daily diet. Vegetable puree market growth is aided by consumers' widespread substitution of plant-based foods for meat in their protein diets.

Customers worldwide seek simple, healthier lifestyles to fit their hectic work and daily schedules. However, several factors, such as affordability, availability, convenience, lifestyles, and cultural preferences, influence their food choices, which has boosted the popularity of vegetable mash. Thus, driving the vegetable puree market revenue.

It is also worth noting that vegetable purees have high antioxidant activity, and eating foods with a high content of antioxidants prevents the occurrence of diabetes, kidney diseases, cardiovascular diseases (atherosclerosis, myocardial infarction), tumor and respiratory diseases. Antioxidants slow down or prevent the oxidation of human cells by molecular oxygen. Products containing antioxidants can be recommended for inclusion in the diet of groups of people who are constantly exposed to adverse environmental factors – exposure to exhaust gases, ultraviolet rays, tobacco smoke, radiation activity, and so on [6].

Various raw materials are used in our country and abroad to obtain mashed potatoes with a high content of biologically active substances, but plants with a high content of pectin substances are of particular value in this regard [7]. Despite all the positive aspects of the use of pectin substances, their lack in diets is an urgent problem, which is associated with a decrease in the consumption of vegetables, fruits and berries in their natural form and their processing products [6, 8]. One of the ways to solve this problem is the addition of pectin preparations during the technological process in food products (for example, in the production of bakery and confectionery products, dairy products, etc.) [9] or the development of ready-to-use products with an increased content of pectins [10].

One of the promising products of fruit processing, which can act as components of mashed potatoes, are pasty semi-finished products with an increased content of low-esterified pectins [6, 9]. The most modern way to increase the yield of pectins is the processing of pectin-containing raw materials with enzyme preparations [9, 10].

In connection with the above, the development of puree technology with an increased content of low-esterified pectins and high organoleptic characteristics is relevant. This will significantly enrich a person's diet with biologically active substances, dietary fibers, improve the organoleptic indicators of dishes and the overall quality of food.

Analysis of recent research and publications. Analysis of the technology and composition of traditional purees showed that the products meet the requirements of regulatory documentation in terms of quality indicators, while attention is not focused on biological value. It is significantly reduced by heat treatment, during which the labile biologically active substances of the raw material are destroyed. It should be noted that the range of such purees is limited, so scientists propose new types of fruit purees and technologies for their implementation, while solving the tasks of creating fundamentally new products for preventive purposes, with predicted properties, as well as expanding their range [11].

Among the priority tasks set by scientists, the development of new technologies should be singled out, which involve the use of moderate modes of raw material processing to preserve its native properties as much as possible; blending of various raw materials, which have specific properties in order to complement each other and obtain products with new quality indicators that are fundamentally different from the existing ones; the introduction of ingredients into the composition of the puree, which determine the given properties of the finished product; replacement of components with more valuable in terms of food [12].

However, the fact that the Ukrainian market mostly offers products of foreign production with a long shelf life, which is ensured by introduced artificial preservatives and thermal sterilization, has a negative effect on the preservation of biologically active substances. At the same time, domestically produced purees are almost non-existent, which makes it necessary to continue the search for technologies and to develop recipes for new types of purees that would meet modern quality and safety requirements.

Pumpkin fruits are the most valuable food and dietary product, the source of a rich set of biologically active substances. They contain proteins, pectin, carbohydrates, starch, organic acids, fats, vitamins, mineral salts and other substances useful for the human body. The chemical composition of pumpkin fruits largely depends on various technological methods of cultivation, species and varieties, as well as soil and climatic conditions and other factors.

Pumpkin fruits contain 85–94% water. Carbohydrates (8–12%) are mainly represented by polysaccharides. Of the total amount of sugar (4–8%), some table varieties contain from 11 to 14%, including sucrose up to 8%, especially after autumn and winter storage. Pumpkin fruits contain from 2.5 to 16% of starch, which turns into soluble sugars during storage. Since pumpkin contains a lot of sugars and few organic acids (acidity - 0.8–2.9%), it is widely used in confectionery factories for the production of candies and pastilles.

There is relatively little protein in pumpkins (0.5–1.1%), but they are very rich in pectin (2.6–14.0%), which promotes the removal of cholesterol from the body. The high content of pectin substances makes it possible to consider pumpkin as a promising raw material for the production of gelling materials widely used in confectionery production and in the preparation of sweet dishes. A characteristic feature of pumpkin is its low fiber content (0.3–1.2%), which is easily digested, not fibrous, and easily digestible in pureed form.

Pumpkins are the main source of carotene in the plant world. The content of carotene in pumpkin fruits is 16–17 mg per 100 g of raw product, and in some forms it reaches 35–38 mg. The more brightly colored the pulp of orange-yellow varieties of pumpkin, the more carotenoids it contains. It should be noted that their content increases in the first months of storage in medium- and late-ripening table varieties. Therefore, pumpkins are a valuable raw material for the vitamin industry, which produces carotene concentrates.

The vitamin composition of pumpkins is very diverse. Thiamin (vitamin B1 – 0.04–0.06 mg per 100 g) is found in the fruits, the lack of which causes various disorders of the nervous system, rapid mental and physical fatigue; riboflavin (vitamin B2 – 0.03–0.06 mg), the lack of which causes a violation of appetite, weakness, and a decrease in body weight; tocopherol (vitamin E), the lack of which causes a disorder of the body's sexual functions; nicotinic acid (vitamin PP – 0.4–0.5 mg), the lack of which causes pellagra, as well as ascorbic acid (vitamin C – 10.0–50.0 mg), pantothenic acid (vitamin B3 – 0.2–0.4 mg), pyridoxine (vitamin B6 – 0.11–0.13 mg), folic acid (vitamin B9 – 4–19 µg), methylmethionine (vitamin U – 0.1 mg). Pumpkins also contain vitamin D, which is especially valuable for the children's body, which accelerates the growth of children, helps to better and faster digest coarse food, and increases the vitality of the body.

Pumpkin fruits are rich in mineral salts, especially potassium (170–380 mg per 100 g of raw material), iron (0.4–0.8 mg), calcium (fruits – 25–40 mg, seeds – 51 mg) and phosphorus (fruits – 25 mg, seeds – 1144 mg). Pumpkins also contain salts of sodium (4–14 mg), magnesium (14 mg), copper (0.4–3.5 mg), cobalt (0.16 mg) and other elements. Ash in pumpkins is 0.6–0.8%, fat – 0.08–0.13%, nitrates – 23–255 mg/kg.

We have proposed a resource-saving technology of vegetable and berry semi-finished products based on pureed pumpkin and sea buckthorn fruits, which allows you to extract a product with an increased content of low-esterified pectins. The developed semi-finished product in the form of puree is also recommended for use in the technology of toppings for drinks, cocktails, confectionery, desserts.

The specifics of raw materials and semi-finished products based on pumpkin puree and sea buckthorn fruits with high pectin content require a detailed study of the safety indicators of ready-made purees based on it, since food safety is one of the main priorities in the development of new food products.

Objective of the article is to determine the main indicators of quality and safety of a semi-finished product based on mashed pumpkin and sea buckthorn fruits.

Presentation of the main study material. The specificity of the raw material and the technology of the developed semi-finished product require a detailed study of the safety indicators of ready-made canned mashed potatoes based on it. According to regulatory documentation, during the storage period (up to 90 days in canned form), the product should not undergo processes that will affect the quality properties of the puree. Organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators were used to determine changes in the quality of "Amber" puree (dessert and spicy). Quality indicators were determined before and after storage for 90 days. The study of quality indicators of products was carried out using instrumental methods.

In order to obtain objective data on the value of the developed purees, physico-chemical studies were conducted, the results of which are shown in Table 1. It was established (Table 1) that the obtained purees are characterized by a high content of dry soluble substances, which are in an easily digestible form.

Dry substances in puree are represented mainly by pectins, mono- and disaccharides. "Amber" spicy puree is characterized by the lowest content of simple sugars.

Table 1 – Physico-chemical indicators of puree quality (n=3, $\leq 0,05$)

Name of the product	Mass fraction, %			Pectin substances, %	β -carotene, 10^{-3} %
	dry soluble substances	mono- and disaccharides	titrated acids		
Pumpkin puree	18,3	14,9	0,3	4,12	21,33
Purée "Amber" for dessert	22,1	12,8	0,8	5,52	70,15
Spicy "Amber" puree	21,9	5,6	0,8	5,44	68,22

The content of titrated acids, which take part in the formation of aroma and taste, in apple puree is lower than in "Amber" puree by 0.50.. 0.57%, which makes them more valuable. The highest content of them was found in "Amber" dessert puree. The presence of acids is determined by the composition of purees, which in their natural form are characterized by high acidity.

The level of safety of mashed potatoes is characterized by their microbiological and toxicological indicators (tables 2, 3).

Table 2 – Microbiological indicators of puree (n=3, $\leq 0,05$)

Indicator	Acceptable level	Actual value	
		Purée "Amber" for dessert	Spicy "Amber" puree
Amount of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms, CFU in 1.0 g, no more	$5,0 \times 10^1$	1×10^1	1×10^1
Coli bacteria in dm^3	Not allowed	Not identified	
Lactic acid microorganisms, CFU in 1.0 g	Not allowed	Not identified	
Yeast, CFU in 1.0 g	Not allowed	Not identified	
Mold mushrooms, CFU in 1.0 g	Not more 5,0	1,0	1,0

The investigations carried out showed (Table 4) that coli bacteria, lactic acid microorganisms, yeast in dm^3 and 1.0 g were not detected in the prepared "Burshtynovy" puree; The quantity of

MAFAnM in 1 g is 1×10^1 KUO, mold fungi in 1 g CFU, which does not exceed the established standards.

The indicators that are normalized in purees include toxicological elements, as presented in Table 3.

Table 3 – Results of toxicological studies of puree ($n=3, \leq 0,05$)

Indicator	Unit of measurement	Maximum permissible levels, mg/kg, not more than	Actual value, mg/kg	
			Purée "Amber" for dessert	Spicy "Amber" puree
Lead	mg/kg	0,4	$0,15 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
Cadmium	mg/kg	0,03	Not identified	Not identified
Arsenic	mg/kg	0,2	Not identified	Not identified
Mercury	mg/kg	0,02	Not identified	Not identified
Copper	mg/kg	5,0	$1,26 \pm 0,02$	$1,09 \pm 0,02$
Zinc	mg/kg	10,0	$0,53 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,01$

The results of studies of toxicological indicators prove that mashed potatoes made according to the developed recipes meet the requirements of the standards.

To determine the changes in the organoleptic parameters of puree during storage, a sensory evaluation scale was developed, which is presented graphically in the form of separate descriptors on circular organoleptic profiles, where the value of each component of the organoleptic evaluation is marked on a 5-point scale.

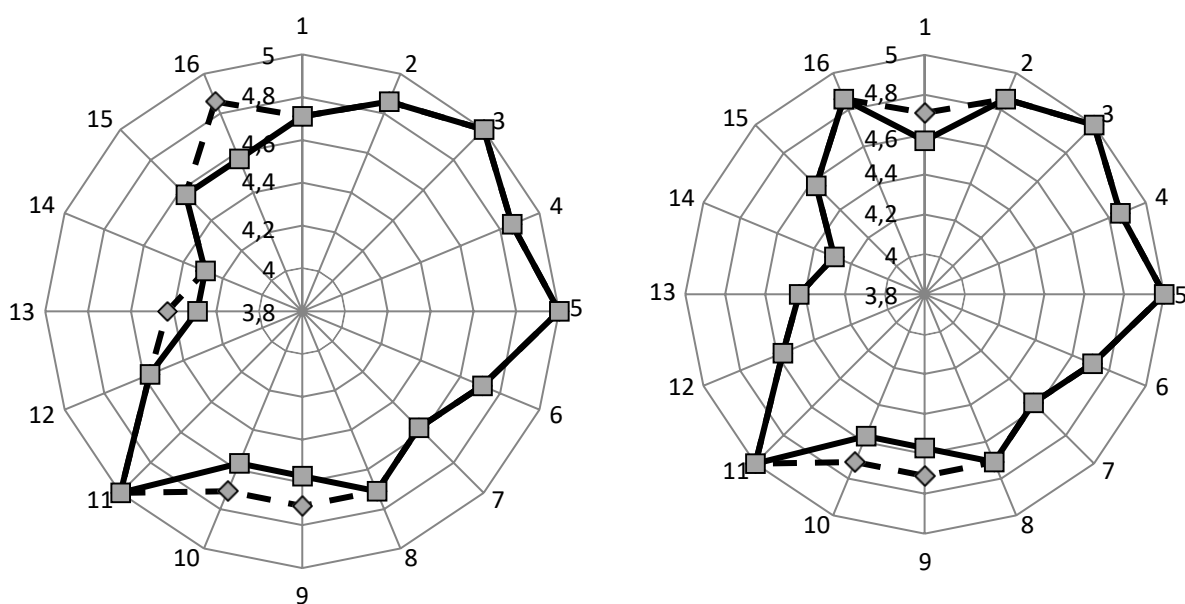


Figure 2 – Organoleptic profiles of puree:

- - - freshly made mashed potatoes; ----- puree after storage

Descriptors:

appearance (1 – homogeneity; 2 – fluidity);

consistency (3 – density; 4 – viscosity);

color (5 – intensity; 6 – purity; 7 – homogeneity; 8 – naturalness);

smell (9 – purity; 10 – expressiveness; 11 – balance);

taste (12 – sweetness; 13 – intensity; 14 – uniformity; 15 – texture; 16 – naturalness)

According to the results of the study (Fig. 2), after 90 days of storage in the dessert puree, a slight decrease in the expressiveness of the smell, as well as the intensity and naturalness of the taste of sea buckthorn, was noted, and in the spicy puree, the smoothness of the surface, gloss and expressiveness of the smell of spices decreased.

Thus, according to the results of physico-chemical, organoleptic, microbiological and toxicological studies, it was established that purees meet the quality and safety requirements. The obtained results will be used in the development of technical conditions for new purees.

Conclusions. The work is based on the main safety indicators of "Ambershtynove" dessert and spicy puree based on pumpkin and sea buckthorn. It was determined that according to microbiological, toxicological and radiological indicators, the developed purees do not exceed the established limit-permissible concentrations and meet the requirements of the standards. Physico-chemical indicators and indicators of biological value indicate that the developed purees have a number of advantages compared to the control (apple puree): the ash content is 4.3-4.4 times higher (due to the increased content of potassium, calcium, magnesium and phosphorus), the content of carotenoids - 1.9-4.6 times, L-ascorbic acid - 13.1 times (dessert puree) and 4.5 times (spicy puree).

Prospects for further research in this direction are the study of changes in the quality and safety indicators of the developed purees during the storage process and substantiation of their storage parameters.

References

1. Saha, D.; Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review, *Food Science and Technology*, 47 (6), 587–597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>.
2. Steve, W.Cui; Yoon, HyukChang. (2014). Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin, *Food Science and Technology*, 58 (2), 396-403. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.012>
3. Balatska, N. Yu. (2008). *Marketingovi doslidzhennya na rinku solodkih sousiv* [Marketing research on the market of sweet souses]. *Ekonomichna strategiya i perspektivi rozvitku sferi torgivli ta poslug*, Harkiv, 2 (8), 282-286.
4. Food additives and ingredients / Vegetable purees – regional forecast for 2024-2032. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/vegetable-puree-market-104383>.
5. Vegetable Puree Market Research Report Information By Type (Tomato, Carrot, Beetroot, Pumpkin, Peas, Spinach, Butternut Squash, Zucchini, Bell Pepper, and Others), By Category (Organic and Conventional), By Application (Baby Nutrition, Beverages, Dairy & Frozen Desserts, Soups, Sauces, & Dressings and Others) And By Region (North America, Europe, Asia-Pacific, And Rest Of The World) – Market Forecast Till 2032. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/vegetable-puree-market-5493>.
6. Slashcheva, A. V. (2023). Semi-finished product technology for frozen desserts. *Modern engineering and innovative technologies*, 28 (1), 52-61. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-28-01-041/>.
7. Wang, J.; Brennan, M.A.; Brennan, C.S.; Serventi, L. (2021). Effect of Vegetable Juice, Puree, and Pomace on Chemical and Technological Quality of Fresh Pasta. *Foods*, 10, 1931. <https://doi.org/10.3390/foods10081931>.
8. Oliviero, T.; Fogliano, V. (2016). Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 58–64.
9. Waterhouse, D.; Jin, D.; Waterhouse, G. I. N. (2013). Effect of adding elderberry juice concentrate on the quality attributes, polyphenol contents and antioxidant activity of three fibre-enriched pastas. *Food Research International*, 54, 781–789.
10. Slashcheva, A. V., Zolotukhina, I. V., Bodnaruk, O. A., Pereverzev, O. P. (2023). *Tekhnolohiia ta kharchova tsinnist funktsionalnoho piurepodibnoho napivfabrykatu dlia desertiv ta napoiv* [Technology and nutritional value of a functional pureed semi-finished product for desserts

and drinks]. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Food equipment and technologies], 2 (47), 19-26. <https://oblad.donnue.edu.ua/index.php/tehnolog/article/view/217>.

11. Homich, G. P. (2012). *Naukovi osnovi tehnologiyi pererobki fruktovo-yagIdnoyi dikorosloyi sirovini* [Scientific bases of technology of processing of fruit and berries wild-growing raw materials], Odesa, 366 p.

12. Shevchenko, O. V. (2012). *Tehnologiya solodkih strav i sousiv iz vitapektinom ta fitosorbentom* [Technology sweet dishes and smoothies with capaccino and procorbiscom], Kyiv, 192 p.

Список літератури

1. Saha D., Bhattacharya, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*. 2010. Issue 6. Volume 47. P. 587–597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>.

2. Steve W. Cui, Yoon Hyuk Chang. Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *Food Science and Technology*. 2014. Is. 58. Vol. 2. P. 396-403. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.012>.

3. Балацька Н. Ю. Маркетингові дослідження на ринку солодких пюре. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*: зб. наук. пр. Х. : ХДУХТ, 2008. Вип. 2 (8). Ч.1 С. 282-286.

4. Food additives and ingredients / Vegetable purees – regional forecast for 2024-2032. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/vegetable-puree-market-104383>.

5. Vegetable Puree Market Research Report Information By Type (Tomato, Carrot, Beetroot, Pumpkin, Peas, Spinach, Butternut Squash, Zucchini, Bell Pepper, and Others), By Category (Organic and Conventional), By Application (Baby Nutrition, Beverages, Dairy & Frozen Desserts, Soups, Sauces, & Dressings and Others) And By Region (North America, Europe, Asia-Pacific, And Rest Of The World) – Market Forecast Till 2032. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/vegetable-puree-market-5493>.

6. Slashcheva A. V. Semi-finished product technology for frozen desserts. *Modern engineering and innovative technologies*. 2023. № 28 (1). P. 52-61. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-28-01-041/>.

7. Wang J., Brennan M. A., Brennan C. S., Serventi L. Effect of Vegetable Juice, Puree, and Pomace on Chemical and Technological Quality of Fresh Pasta. *Foods*. 2021. № 10 (8). 1931. <https://doi.org/10.3390/foods10081931>.

8. Oliviero T., Fogliano V. Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. № 51. P. 58–64.

9. Waterhouse D., Jin D., Waterhouse G. I. N. Effect of adding elderberry juice concentrate on the quality attributes, polyphenol contents and antioxidant activity of three fibre-enriched pastas. *Food Research International*. 2013. № 54. P. 781–789.

10. Слащева А. В., Золотухіна І. В., Боднарук О. А., Переверзєв О. П. Технологія та харчова цінність функціонального пюреподібного напівфабрикату для десертів та напоїв. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2023. Вип. 2 (47). С. 19-26. <https://oblad.donnue.edu.ua/index.php/tehnolog/article/view/217>

11. Хомич Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини: дис. ... докт. техн. наук. Одеса, 2012. 366 с.

12. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і пюре із вітапектином та фітосорбентом: дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2012. 192 с.

Мета – визначити основні показники якості та безпеки напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи.

Методи. Відбір проб проводився згідно з вимогами ДСТУ ISO 874-2002, готування проб до лабораторних аналізів – згідно ДСТУ 7040:2009. При дослідженні фізико-хімічних

показників визначалися: вміст сухих речовин у сировині – за ДСТУ ISO 751-2004; масову частку розчинних сухих речовин – рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007; pH – за ДСТУ 6045:2008; масову частку титрованих кислот (у перерахунку на яблучну кислоту) – за ДСТУ 4957:2008; вміст аскорбінової кислоти – за Плешковим Б.П.; вміст поліфенольних речовин – методом Фоліна-Чокольтеу; мінеральний склад – атомно-абсорбційним методом з використанням хроматографа Z-8000 (Хітачі, Японія). Відбір проб для мікробіологічного аналізу проводився за ГОСТ 26668-85, підготовка проб здійснювалася за ГОСТ 26669-85, культивування мікроорганізмів – за ГОСТ 26670-91. Визначення дріжджів та пліснявих грибів проводилося за ГОСТ 10444.12-88, бактерій групи кишкових паличок за ГОСТ 30518-97, молочнокислих мікроорганізмів за ГОСТ 10444.11-94. Визначення токсичних елементів здійснювалося: кадмію – за ДСТУ ISO 6561:2004, свинцю – за ДСТУ ISO 6633:2001, міді – за ДСТУ ISO 6634:2004, цинку – за ДСТУ ISO 6636-2:2004, ртуті – за ДСТУ ISO 6637:2001.

Результати. Встановлено, що за мікробіологічними та токсикологічними показниками розроблені пюре не перевищують встановлених гранично-припустимих концентрацій та відповідають вимогам стандартів. Розроблені пюре мають ряд переваг у порівнянні із контролем (пюре гарбузовим) за фізико-хімічними показниками: вміст золи вищий у 4,3-4,4 рази (за рахунок підвищеного вмісту калію, кальцію, магнію та фосфору), вміст каротиноїдів – у 1,9-4,6 разів, пектинів – у 1,4 рази (пюре десертне) та у 1,3 рази (пюре пряне). Після 90 діб зберігання в пюре десертному було відзначено незначне зниження вираженості запаху, а також інтенсивності і натуральності смаку обліпихи, а в пюре пряному знизилася гладкість поверхні, блиск і виразність запаху прянощів.

Ключові слова: пюреподібний напівфабрикат, гарбуз, обліпиха, показники безпеки, показники якості.

Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент

Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент

Мороз В. О., здобувач СВО магістра

Гусак Є. Р., здобувач СВО бакалавра

Бальвас Д. Г., здобувач СВО бакалавра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського
(м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПІСОЧНОГО ПЕЧИВА З ДОБАВКОЮ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ПЛОДІВ ЧОРНОПЛІДНОЇ ГОРОБИНИ

UDK 001.891:(664.68.016:678.746.4-035.2)(045)

*Goriainova Iu. A., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor*

*Simakova O. O., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor*

Moroz V. O., a graduate of a master's degree

Husak Y. R., a graduate of a bachelor degree

Balvas D. G., a graduate of a bachelor degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky
(Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SHORTCAKES WITH THE ADDITION OF AQUEOUS EXTRACT OF BLACK CHOKEBERRY

Мета. Визначити якість пісочного печива, що збагачене водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, з урахуванням принципів кваліметрії.

Методи. Інструментальні методи – для визначення хімічного складу, структурно-механічних властивостей та мікробіологічних показників, органолептичні та експертні методи. Оцінку рівня якості продукції (порівняння з показниками якості базових зразків) проводили диференційним та комплексним методами.

Результати. Введення в рецептуру пісочного печива водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини призводить до збагачення продукту в 2-2,2 рази фізіологічно корисними речовинами, що підвищує його харчову цінність. Узагальнений показник безпеки для печива «Галевинка» – 0,653; для печива «Південне» – 0,657 і є вище, ніж для печива за традиційною рецептурою (0,512). Калорійність (енергетична цінність) виробів за розробленою технологією нижча за контрольний зразок: печива «Галевинка» на 1,7% і печива «Південне» на 6,3%. Поряд зі зниженням загальної калорійності, що відповідає сучасним тенденціям організації раціонального харчування певних контингентів населення, рівень якості енергії, що вивільняється при споживанні цих видів печива, вищий на 7,6% і 21% завдяки кращій збалансованості між енергетичними складовими, тобто рівень відповідності збалансованості енергії формулі 1:2:3 підвищився на 7,6% для печива «Галевинка» і 21% для печива «Південне» у порівнянні з виробами печива за традиційною технологією. Встановлено, що введення в рецептуру пісочного печива водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини, зменшення на 22% вмісту вершкового масла, вилучення меланжу (в різних комбінаціях) децю знижує комплекс його структурно-механічних властивостей, органолептичних показників, але при цьому значення комплексної оцінки печива «Галевинка»

– дуже добра, а печива «Південне» – добра на підставі графіку функції бажаності Харінгтона.

Ключові слова: *якість, кваліметрія, чорноплідна горобина, структурні, мікробіологічні, органолептичні властивості, фізіологічно корисні речовини, енергетична цінність.*

Постановка проблеми. Відомо, що вироби із пісочного тіста займають значну частку в загальному обсязі виробництва борошняних кондитерських виробів, характеризуються широким асортиментом, можуть задовольняти різноманітні потреби споживачів та посідають вагоме місце в харчовій промисловості. Однак, борошняні кондитерські вироби та зокрема вироби із пісочного тіста, характеризуються високим вмістом жирів, вуглеводів та відносно низьким вмістом білків, харчових волокон, ненасичених жирних кислот та вітамінів. Тому питання поліпшення якості борошняних кондитерських виробів, зокрема виробів із пісочного тіста, завжди актуально.

Існують різні шляхи вирішення цієї проблеми. Один з них – використання добавок рослинного походження. Як рослинні добавки застосовують обліпиху, виноград, амарант, шовковицю тощо. Перспективним є використання чорноплідної горобини, як джерела каротиноїдів, вітамінів, макро- та мікроелементів. Чорноплідна горобина сприяє зміцненню стінок кровоносних судин, нормалізації роботи кишечника, стимуляції вироблення жовчі. Використання чорноплідної горобини у технології борошняних кондитерських виробів, зокрема виробів із пісочного тіста, обумовлено також економічною доцільністю внаслідок доступності і простоти отримання даної сировини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Якості харчових продуктів приділяється значна увага як в нашій країні, так і за кордоном. Питаннями оцінки якості різних груп харчових продуктів, в тому числі борошняних кондитерських виробів, займалися багато дослідників – Калакура М. І., Лисюк Г. М., Лозова Т. М., Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Сирохман І. В., Топольник В. Г., Н. Mulder та інші.

Вчені кафедри товаровознавства, технологій і управління якістю харчових продуктів ЛТЕУ пропонують використовувати у технологіях виробництва борошняних кондитерських виробів пшеничні висівки та зародки, борошно нехлібопекарських зернових культур, продукти переробки дикорослих плодів та ягід, овочів, олійної сировини тощо. Ними доведено доцільність використання таких рослинних добавок [1-2].

Дослідженням можливості використання добавок амаранту багряного, шовковиці, чорноплідної горобини у технології борошняних кондитерських виробів займаються науковці кафедри технологій в ресторанному господарстві, готельно-ресторанної справи та підприємництва ДонНУЕТ [3-7]. Доведено, що ці добавки позитивно впливають на хлібопекарські властивості пшеничного борошна, якість жиру, а також сприяють збагаченню розробленої продукції вітамінами та мінеральними речовинами.

Питанням розширення асортименту борошняних кондитерських виробів присвячені роботи В. М. Шелудько [8]. Доведено можливість використання пюре з обліпихи в рецептурі блонді за рахунок зниження частини жирового компонента виробу. Встановлено, що зі збільшенням кількості пюре обліпихи в рецептурі збільшується масова частка вологи тіста й готових виробів. У ході досліджень встановлено, що використання безглютенових видів борошна та обліпихового пюре сприяють покращенню технологічних показників якості і зниженню калорійності готових виробів.

В роботі [9] авторами висвітлено аспект кваліметричної оцінки якості хліба підвищеної харчової цінності, виготовленого з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи. Для оцінки якості хліба розроблено "дерево властивостей" виробів, яке включає органолептичні, фізико-хімічні властивості, а також харчову й енергетичну цінність хліба. За допомогою експертного методу визначено коефіцієнти вагомості одиничних і групових властивостей, здійснено кваліметричну оцінку якості розроблених виробів.

У роботах [10, 11] зазначено, що комплексний метод оцінювання якості продукції,

являє собою функцію від одиничних показників та полягає у виразі оцінки рівня одним числом, яке виходить у результаті об'єднання вибраних одиничних показників в один комплексний показник. Приведена методика визначення комплексного показника раціону харчування.

Аналіз наукової літератури свідчить про те, що комплексну оцінку якості дослідники проводять для багатьох видів хлібобулочних та борошняних виробів, серед яких здобне печиво з додаванням шроту кедрових горіхів, кекси з додаванням борошна пивної дробини, кекси з використанням білоквмісної сировини тощо.

Отже, визначення комплексного показника якості пісочного печива, що збагачене водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, з урахуванням принципів кваліметрії є актуальним завданням.

Мета статті – визначення якості пісочного печива, що збагачене водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, з урахуванням принципів кваліметрії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Робота є продовженням попередніх досліджень щодо впливу порошку чорноплідної горобини на основні показники якості виробів з пісочного тіста [12]. Нами вже було доведено доцільність використання такої добавки для підвищення харчової цінності пісочного печива, а також встановлено кількісні показники якості розробленого печива за різними групами властивостей (органолептичні, структурно-механічні, безпеки та за вмістом фізіологічно корисних речовин).

На даному етапі дослідження пропонуємо використання у технології пісочного печива водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини з концентрацією 5%. Цей екстракт використовували замість води для замісу тіста.

Для достовірної оцінки якості пісочного печива, що збагачене водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, розроблено дворівневу ієрархічну структуру показників якості.

Якість пісочного печива визначається структурно-механічними та органолептичними властивостями, мікробіологічними показниками, харчовою цінністю.

Другий рівень представлено показниками якості кожної окремої групи властивостей, абсолютні значення яких одержані безпосередньо вимірюванням відповідними методами.

Структурно-механічні властивості представлені здатністю до намокання, питомим об'ємом та пористістю. Органолептичні властивості – зовнішнім виглядом, консистенцією, кольором, запахом та смаком. У групу «харчова цінність» включені показники енергетичної цінності (вміст білків, жирів, вуглеводів) та показники біологічної цінності (каротиноїди, фенольні речовини, клітковина). В груповий показник безпеки – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні організми, плазмокоагулюючі стафілококи, бактерії групи кишкових паличок, патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, плісневі гриби.

За допомогою функції бажаності Харінгтона здійснено переведення абсолютних значень показників якості (P_{ij}) у відносні безрозмірні величини (K_{ij}).

Коефіцієнти вагомості структурно-механічних показників були розраховані нами і дорівнюють: здатність до намокання (P_1), %, $m_1 = 0,18$; питомий об'єм (P_2), $\text{дм}^3/\text{кг}$, $m_2 = 0,29$; пористість (P_3), %, $m_3 = 0,53$. Оцінка структурно-механічних властивостей виробів з пісочного тіста, що збагачені водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, наведена в таблиці 1.

Експериментально визначено, що введення в рецептуру водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини, зменшення на 22% вмісту вершкового масла, вилучення меланжу (в різних комбінаціях) дещо зменшує комплекс структурно-механічних властивостей на 12,6%, 20,4%, 14,3% та 18,9% відповідно в зразках печива 2-5. Отримані дані вказують на необхідність пошуку способів, які сприятимуть утворенню в об'ємі тіста міцних структурних сполук з гідрофільними властивостями, що дозволять знизити калорійність борошняних кондитерських виробів.

Таблиця 1 – Комплексна оцінка структурно-механічних властивостей пісочного печива, що збагачене екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини

№	Зразок	Відносні значення, K_i			Комплексна оцінка
		Здатність до намокання, $m=0,18$	Питомий об'єм, $m=0,29$	Пористість, $m=0,53$	
1	Пісочне печиво за традиційною рецептурою (контроль)	1,00	1,00	1,00	1,00
2	З водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини ($\omega=5\%$) і вмістом вершкового масла згідно з рецептурою	0,668	0,860	0,952	0,874
3	З водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини ($\omega=5\%$) і зниженням на 22% вмістом вершкового масла	0,621	0,767	0,872	0,796
4	З водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини ($\omega=5\%$) і вилученням меланжу (печиво «Галаявинка»)	0,637	0,820	0,952	0,857
5	З водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини ($\omega=5\%$), вилученням меланжу і зниженням на 22% вмістом вершкового масла (печиво «Південне»)	0,622	0,802	0,880	0,811

Далі ми встановлювали показники якості безпеки виробів з пісочного тіста з використанням водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини [12]. Узагальнений показник безпеки для печива “Галаявинка” складає 0,653; для печива Південне” – 0,657, що вище, ніж для пісочного печива за традиційною рецептурою, який дорівнює 0,512.

Наступний етап досліджень – оцінка органолептичних показників [12]. Отримані дані щодо печива «Галаявинка» та «Південне» наведені в таблиці 2:

Таблиця 2 – Кількісна оцінка органолептичних показників пісочного печива, що збагачене екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини

№	Зразок	Загальна органолептична оцінка, бал	Комплексна оцінка
1	Пісочне печиво за традиційною рецептурою (контроль)	19,10	0,96
2	Печиво “Галаявинка”	17,20	0,83
3	Печиво “Південне”	15,95	0,77

З даних таблиці 2 видно, що комплексна оцінка органолептичних показників пісочного печива з добавкою екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини трохи нижче за контрольний зразок, але в той же час якість печива «Галаявинка» - дуже добра, а якість печива “Південне” - добра на підставі графіку функції бажаності Харінгтона.

Використання водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини у технології пісочного тіста сприяє збагаченню розробленої продукції каротиноїдами, фенольними речовинами, клітковиною та підвищенню харчової цінності. Дані стосовно вмісту цих

фізіологічно корисних речовин в печиві «Гаявінка» та «Південне» в порівнянні з контрольним зразком наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Вміст фізіологічно корисних речовин в пісочному печиві, що збагачене екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини

№	Зразок	Вміст речовин		
		Каротиноїди, мг/100г	Фенольні речовини, %	Клітковина, %
1	Пісочне печиво за традиційною рецептурою (контроль)	0,08	-	0,05
2	Печиво «Гаявінка»	0,12	0,03	0,10
3	Печиво «Південне»	0,12	0,03	0,10

Нами було встановлено вміст каротиноїдів, фенольних речовин та клітковини в контрольному зразку та зразках з добавкою порошку і екстракту. Оцінку одиничних показників якості розраховували відповідно середнього значення. Тому базове значення для каротиноїдів – 0,170; фенольних речовин – 0,135; клітковини – 0,224. Коефіцієнти вагомості цих показників визначали розрахунковим методом [12] і встановили, що коефіцієнти вагомості каротиноїдів $m_{\text{кар}}=0,33$; фенольних речовин $m_{\text{ф.р.}}=0,42$; клітковини $m_{\text{кл.}}=0,25$.

В таблиці 4 наведені результати кількісної оцінки якості пісочного печива «Гаявінка» та «Південне» за вмістом каротиноїдів, фенольних речовин та клітковини.

Таблиця 4 – Кількісна оцінка якості пісочного печива, що збагачене екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, за вмістом фізіологічно корисних речовин

№	Зразок	Відносні значення, K_i			Комплексна оцінка	Комплексна порівняльна оцінка
		Каротиноїдів	Фенольних речовин	Клітковини		
1	Пісочне печиво за традиційною рецептурою (контроль)	0,471	0	0,223	0,211	1,0
2	Печиво «Гаявінка»	0,706	0,222	0,446	0,438	2,076
3	Печиво «Південне»	0,706	0,292	0,446	0,469	2,223

Доведено, що рівень якості виробів з пісочного тіста, що збагачені водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини, підвищується в 2-2,2 рази за вмістом фізіологічно корисних речовин.

Також нами була проведена кількісна оцінка енергетичної цінності пісочного печива за розробленою технологією. В Україні в даний час рекомендується застосовувати формули співвідношення енергії білків, жирів та вуглеводів – 1:2:3.

Відповідно до цього у збалансованій типовій мегакалорії (1000 ккал) на білки повинно припадати 164 ккал, жири – 328 ккал, вуглеводи – 508 ккал, що з урахуванням коефіцієнтів енергетичної цінності речовин становить 40г для білків, 35г для жирів та 124г для вуглеводів.

Будь-яке співвідношення складових цілого математично визначається часткою. Це дає можливість визначити частки енергетичних речовин за рекомендованими нормами і використовувати їх як базові значення $P_i^{\text{баз}}$, а частки енергетичних речовин в досліджених

зразках – як конкретні значення показників якості об’єкта P_i при визначенні рівня якості енергетичної цінності харчового продукту:

$$P_i = \frac{M_i}{\sum M_i}, \quad (1)$$

де M_i – вміст енергетичних речовин в 100г харчового продукту, г.

$$P_i^{\text{баз}} = \frac{M_{in}}{\sum M_{in}}, \quad (2)$$

де M_{in} – вміст енергетичних речовин в типовій збалансованій мегакалорії добового раціону (за формулою 1:2:3).

Базові значення енергетичних речовин (білків, жирів, вуглеводів) мають значення: $P_6^{\text{баз}} = 0,201$, $P_{\text{ж}}^{\text{баз}} = 0,176$, $P_{\text{в}}^{\text{баз}} = 0,623$.

Енергетичні коефіцієнти вагомості основних харчових речовин визначали за формулою 3:

$$m_{ei} = \frac{E_i}{\sum E_i}, \quad (3)$$

де E_i – енергетична цінність основних харчових речовин при окисленні в організмі, кДж/г.

Значення коефіцієнтів вагомості встановлені: $m_6 = 0,239$, $m_{\text{ж}} = 0,537$, $m_{\text{в}} = 0,224$.

В табл. 5 наведені абсолютні значення, відносні значення одиничних показників, комплексний показник якості енергетичної цінності виробів із пісочного тіста, а також характер впливу запропонованих технологій виробництва на енергетичну цінність готових виробів у порівнянні з контрольним зразком, виготовленим за традиційною технологією.

Таблиця 5 – Кількісна оцінка енергетичної цінності пісочного печива, що збагачене водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини

Зразок	Енергетична цінність, ккал/100г	Абсолютні значення енергетичних показників			Одиничні показники енергетичних показників			Комплексна оцінка енергетичної цінності	Порівняльна оцінка енергетичної цінності
		Білки	Жири	Вуглеводи	Білки	Жири	Вуглеводи		
Пісочне печиво за традиційною рецептурою (контроль)	478	0,075	0,267	0,658	0,373	0,659	1,056	0,680	1,000
“Галаявинка”	470	0,068	0,236	0,696	0,338	0,746	1,117	0,732	1,076
“Південне”	448	0,066	0,197	0,737	0,328	0,893	1,183	0,823	1,210

Згідно з даними табл. 5 калорійність (енергетична цінність) виробів за розробленою технологією нижча за контрольного зразка: печива «Галаявинка» на 1,7% і печива “Південне” на 6,3%. Поряд зі зниженням загальної калорійності, що відповідає сучасним тенденціям організації раціонального харчування певних контингентів населення, рівень якості енергії,

що вивільняється при споживанні цих видів печива, вищий на 7,6% і 21% завдяки кращій збалансованості між енергетичними складовими, тобто рівень відповідності збалансованості енергії формулі 1:2:3 підвишився на 7,6% для печива «Галаявинка» і 21% для печива «Південне» у порівнянні з виробами печива за традиційною технологією.

Висновки. Таким чином, кваліметричним методом встановили показники якості пісочного печива «Галаявинка» та «Південне», що збагачені водним екстрактом з сухих плодів чорноплідної горобини. Доведено доцільність використання добавки водного екстракту з сухих плодів чорноплідної горобини для підвищення харчової цінності розроблених виробів.

Список літератури

1. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія. Львів: ЛТЕУ, 2017. 328 с.
2. Lozova T. Modern approaches improve consumer properties and quality of confectionery products with consideration of their security / Lozova T., Syrohman I., Reshetylo L. *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic). Technical sciences*. 2020. № 47. Vol. 1. Pp. 50-56.
3. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Iu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2. Is. 11 (92). Pp. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
4. Горайнова Ю. А., Сімакова О. О., Кучма А. Ю., Мороз В. О. Технологія виробів із пшеничного борошна лікувально-профілактичного призначення із використанням шовковиці. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. Вип. 2 (41). С. 12–18.
5. Сімакова О. О., Никифоров Р.П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ. 2018. 146 с.
6. Korenets Yu., Goriainova Yu., Nykyforov R., Nazarenko I., Simakova O. Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies. Technology and equipment of food production*. 2017. Vol. 2. No. 10 (86). Pp. 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98409>.
7. Горайнова Ю. А. Розробка технології борошняних виробів з добавками чорноплідної горобини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2016. Вип. 2. С. 22–30.
8. Шелудько В. М. Розширення асортименту сучасних борошняних кондитерських виробів підвищеної харчової цінності. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. Вип. 26. С. 71-77. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-26>.
9. Степанькова Г. В., Олійник С. Г., Шидакова-Каменюка О. Г. Кваліметрична оцінка якості хліба пшеничного з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25. № 1. С. 233-242. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2019_25_1_24.
10. Кузьмін О. В., Вовк Г. М., Гребанос К. І., Радькевич С. М., Роман Т. О. Дослідження якості раціонів харчування. *Інтернаука*. 2018. № 12. С. 47-56.
11. Михайленко В. М., Кузьмін О. В., Дітріх І. В. Комплексна оцінка якості гарячої солодкої страви суфле. *Інтернаука*. 2018. Т. 1. № 4 (44). С. 54-59.
12. Горайнова Ю. А., Сімакова О. О., Пусікова А. А., Мороз В. О., Гусак Є. Р. Дослідження показників якості борошняних кондитерських виробів, що збагачені речовинами поліфенольної природи. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2021. Вип. 2 (43). С. 36–44. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-43-2-36-44>.

References

1. Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2017). *Naukove obgruntuvannia polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam pryrodnoi netradytsiinoi syrovyny* [Scientific substantiation of improvement of consumer properties of flour confectionery products with use of natural non-traditional raw materials]. Lviv, LTEU Publ., 328 p.

2. Lozova, T., Syrohman, I., Reshetylo, L. (2020). Modern approaches improve consumer properties and quality of confectionery products with consideration of their security. *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic). Technical sciences*, 47 (1). pp. 50-56.
3. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). *Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 11 (92), 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
4. Goryaynova, Yu. A., Simakova, O. O., Kuchma, A. Yu., Moroz, V. O. (2020). *Tehnologiya virobiv iz pshenichnogo boroshna likuvalno-profilaktichnogo pryznachennya iz vikoristannyam shovkovitsi* [Technology of products from wheat flour of medical and preventive appointment with use of mulberry]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv* [Food Equipment and Technology], 2 (41), 12–18.
5. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanymy vlastyvostiamy: monografiya* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties: monograph]. *Kryvyi Rih: DonNUET* [Kryvyi Rih: DonNUET]. 146 p.
6. Korenets, Y., Goriainova, I., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 10 (86), 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98409>.
7. Goryaynova, Yu. A. (2016). *Rozrobka tehnologiyi boroshnyanih virobiv z dobavkami chornoplidnoyi gorobini* [Development of technology of flour products with chokeberry additives]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv* [Food Equipment and Technology], 2, 22–30.
8. Sheludko, V. M. (2021). *Rozshyrennia asortymentu suchasnykh boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti* [Increasing the range of high-food-value pastry products]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky* [Bulletin of LTEU. Technical sciences], 26, 71-77. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-26>.
9. Stepankova, G. V., Oliinyk, S. G., Shydakova-Kamieniuka, E. G. (2019). *Kvalimetrychna otsinka yakosti khliba pshenychnoho z vykorystanniam shrotu zarodkiv vivsa ta makukhy zarodkiv kukurudzy* [Qualimetric evaluation of the quality of wheat bread with the addition of swirling of oat germ and oilcake of maize germ]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii* [Scientific works of the National University of Food Technologies], 25 (1), 232-242. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2019_25_1_24
10. Kuzmin, O. V., Vovk, G. M., Grebonos, K. I., Radkevich, S. M., Roman, T. O. (2018). *Doslidzhennia yakosti ratsioniv kharchuvannia* [Research on the quality of diets]. *Інтернаука* [Internauka], 12, 47-56.
11. Mykhailenko, V. M., Kuzmin, O. V., Ditrikh, I. V. (2018). *Kompleksna otsinka yakosti hariachoi solodkoi stravy sufle* [Comprehensive assessment of the quality of hot sweet souffle dishes]. *Інтернаука* [Internauka], 1, 4 (44), 54-59.
12. Goriainova, I. A., Simakova, O. O., Pusikova, O. A., Moroz, V. O., Husak, Y. R. (2021). *Doslidzhennia pokaznykiv yakosti boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv, shcho zbahacheni rehovynamy polifenolnoi pryrody*. [Study of quality indicators of flour confectionery enriched with substances of polyphenolic nature]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv* [Food Equipment and Technology], 2 (43), 36–44. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2021-43-2-36-44>.

Purpose. To determine the quality of shortbread enriched with water extract from dry fruits of black chokeberry, taking into account the principles of qualimetry.

Methods. Instrumental methods - to determine the chemical composition, structural and mechanical properties and microbiological indicators, organoleptic and expert methods. The assessment of the level of product quality (comparison with the quality indicators of basic samples) was carried out by differential and complex methods.

Results. *The introduction of an aqueous extract from dried black chokeberry berries into the shortbread recipe results in the enrichment of the product by 2-2.2 times with physiologically useful substances, which increases its nutritional value. The generalized safety indicator for "Halyavinka" cookies is 0.653; for "Southern" cookies - 0.657 and is higher than for cookies according to the traditional recipe (0.512). The calorific value (energy value) of products using the developed technology is lower than the control sample: "Galyavinka" cookies by 1.7% and "Pivdenne" cookies by 6.3%. Along with the reduction of the total caloric content, which corresponds to the modern trends in the organization of rational nutrition of certain contingents of the population, the level of energy quality released when consuming these types of cookies is higher by 7.6% and 21% due to a better balance between energy components, that is, the level of compliance with energy balance of the formula 1:2:3 increased by 7.6% for "Galyavinka" cookies and 21% for "Pivdenne" cookies compared to cookie products using traditional technology. It was established that the introduction of an aqueous extract from dried black chokeberry berries into the shortbread recipe, a 22% reduction in the butter content, and the removal of melange (in various combinations) slightly reduces the complex of its structural and mechanical properties, organoleptic indicators, but at the same time the value of the comprehensive evaluation of the cookies "Glyavinka" is very good, and "Southern" cookies are good based on the graph of Harington's desirability function.*

Key words: *quality, qualimetry, black chokeberry, structural, microbiological, organoleptic properties, physiologically useful substances, energy value.*

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2024-48-1-41-51
УДК 681.51:664.6:543.92(045)

Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор
Коренець Ю. М., старший викладач
Расчехмаров І. В., здобувач СВО магістра

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

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОЦІНКИ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В КЕРУВАННІ ПРОЦЕСАМИ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА

UDC 681.51:664.6:543.92(045)

*Khorolskyi V. P., Grand PhD of Engineering
Science, Professor*
Korenets Yu. M., Senior Lecturer
*Raschekhmarov I. V., a graduate of a master's
degree*

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

PROSPECTS FOR APPLICATION OF THE AUTOMATION METHOD ASSESSMENT OF ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS IN CONTROL OF BREAD PRODUCTION PROCESSES

Мета. Метою статті є розробка інноваційного методу автоматизованого контролю смакоароматичних властивостей хліба в процесі його виробництва з метою його використання в існуючих конвеєрних лініях для випікання формового хлібу. Дослідження спрямоване на розширення можливостей використання інноваційних автоматизованих технологій у хлібопекарській промисловості та підвищення якості й конкурентоспроможності хлібобулочної продукції.

Методи. У статті використано аналіз поточних технологій на основі огляду літературних джерел та теоретичне моделювання системи автоматизованого контролю органолептичних властивостей хлібобулочної продукції. Для проведення експертних досліджень в процесі промислового виробництва хлібобулочної продукції пропонується використовувати інноваційний пристрій для контролю запаху – електронний (біоелектронний) ніс. Тобто головним елементом мехатронного пристрою конвеєрної лінії для випікання формового хлібу визначено інтегровану систему сенсорів для оцінки аромату і смакових якостей хлібу.

Результати. У статті розглянуто напрям вдосконалення промислових технологічних ліній для виробництва хлібобулочної продукції за рахунок використання систем автоматизації виробничих процесів з підсистемами підтримки прийняття рішень на базі використання методів і алгоритмів нечіткої логіки, що діятимуть на підставі об'єктивного аналізу технологічного процесу виробництва хлібу в режимі реального часу. Регулярність

об'єктивної оцінки критичних показників – маркерів технологічного процесу виробництва хлібобулочної продукції – на його ключових стадіях пропонується забезпечити за рахунок використання сучасних сенсорних пристроїв на заміну традиційній органолептичній оцінці, що базується на використанні органів чуттів людини. Недоліками технологічного обладнання для конвеєрного випікання хлібу, що використовується у вітчизняній хлібопекарній промисловості є велика кількість підготовчих операцій, які потрібно здійснювати вручну, періодичність процесу випікання хліба, відсутність автоматизації та низька продуктивність. Запропоноване оснащення з інтегрованою системою аналізу органолептичних характеристик дозволить здійснювати безперервний процес випікання хліба як за традиційними рецептурами, так і інноваційних сортів, що зробить можливим розширення асортименту та/або збільшення продуктивності заводу. Технічний результат, досягнутий завдяки використанню запропонованої вдосконаленої конвеєрної лінії для випікання хліба, полягає в забезпеченні безперервного виробничого процесу, автоматизації виробництва, збільшенні продуктивності та зменшенні кількості ручних операцій.

Ключові слова: хлібобулочний виріб, технологічний процес, органолептична оцінка, управління якістю, автоматизація.

Постановка проблеми. Не зважаючи на те, що Україна вже третій рік знаходиться в режимі воєнного стану, сьогодні ми можемо спостерігати стабілізацію роботи галузі харчових виробництв і повернення її до сталого розвитку. Для задоволення потреб споживачів, забезпечення їх працездатності, фізичного та ментального здоров'я, збереження, відновлення та розвитку вітчизняної економіки вкрай важливим є стабільне виробництво якісних і безпечних продуктів харчування в необхідній кількості. При цьому автоматизація, цифрофізація та використання штучного інтелекту (ШІ) на всіх рівнях (керування, виробництво, маркетинг) можуть спростити роботу підприємств галузі і зробити її більш ефективною.

Важливим елементом контролю якості харчових продуктів є органолептичний аналіз – процес оцінки якості продукту або матеріалу за допомогою сприйняття людськими органами чуття: зором, нюхом, смаком, дотиком і слухом. Органолептична оцінка хліба – це процес оцінки хлібобулочних виробів за їх органолептичними властивостями. До органолептичних показників хліба та булочних виробів відносять зовнішній вигляд, забарвлення та стан скоринки, товщину верхньої скоринки, стан м'якшу (проміс, пористість, еластичність та свіжість), запах і смак.

У харчовій промисловості органолептичну оцінку проводять експерти-фахівці з якості, які мають для цього спеціальну підготовку, відповідний досвід і напрацьовані практичні навички.

Хоча органолептична оцінка є важливим інструментом для визначення якості продуктів, вона має свої недоліки:

- суб'єктивність, тобто залежність від індивідуальних смаків, уподобань і впливів;
- необ'єктивність оцінки із-за різного рівня знань або досвіду експертів;
- спотворення результатів за рахунок впливу зовнішніх чинників (температури, освітлення, чистоти повітря тощо);
- обмеженість відчуттів і неможливість виявити за допомогою органолептичної оцінки певні хімічні або біологічні забруднення;
- витратність за часом і ресурсами.

У наш час з'явилися можливості для часткової автоматизації органолептичного аналізу, що може певною мірою попередити вищезазначені недоліки.

Під автоматизацією органолептичної оцінки розуміється процес використання спеціалізованих приладів для об'єктивного і точного вимірювання та аналізу властивостей продовольчої сировини, напівфабрикатів різного ступеня готовності, харчових продуктів без застосування органів чуття людини (зору, нюху, смаку, дотику тощо).

Для автоматизації органолептичної оцінки можна використовувати такі технології:

- отримання, обробка та аналіз зображень з використанням цифрової фотографій або відеозаписів для аналізу властивостей об'єктів контролю;
- використання сенсорних панелей або пристроїв для вимірювання сили тиску, температури або інших фізичних характеристик, які можуть впливати на органолептичні властивості;
- використання спеціальних програмних засобів для запису, аналізу та обробки даних про органолептичні властивості;
- використання електронних приладів для аналізу хімічного складу продуктів або матеріалів, що може впливати на їхні органолептичні властивості.

Автоматизація органолептичної оцінки дозволяє зменшити людський вплив на результати оцінки, забезпечити більшу об'єктивність та повторюваність результатів, а також значно зменшити час, необхідний для проведення оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автоматизація органолептичної оцінки хліба може бути важливим кроком у підвищенні якості продукції та оптимізації виробничих процесів. Такі технології можуть сприяти покращенню контролю за якістю хліба і забезпечити стабільність у виробництві продукції високого рівня якості. Тому вітчизняні і закордонні вчені та практичні працівники все частіше вдаються до пошуку методів і способів автоматизації органолептичної оцінки продуктів харчування для впровадження їх у виробничі процеси на підприємствах галузі.

У статті вчених Центру прикладних автономних сенсорних систем (м. Еребру, Швеція) та Університету SASTRA (м. Танджавур, Індія) Емі Лутфі, Сільвії Корадескі, Ганеша Кумара Мані, Прабакарана Шанкара, Джона Боско Балагуру Раяппана представлено огляд останніх робіт щодо пристроїв типу «електронний ніс», які використовуються в харчовій промисловості. Основну увагу приділено застосуванню електронних носів в процесах моніторингу якості таких харчових продуктів, як м'ясо, молоко, риба, чай, кава, вино. Матеріали, представлені в цій роботі, доводять, що існує значна схожість між різними областями застосування з точки зору датчиків і алгоритмів обробки, що використовуються. Крім того, ця стаття містить критичний погляд на розробки, необхідні в цій галузі для переходу від дослідницьких платформ до промислових інструментів, призначених для застосування в реальних умовах [1].

Учені Юлія Бурлаченко, Іванна Кругленко, Борис Снопко (Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна) та Крішна Персауд із Школи хімічної інженерії та аналітичних наук Манчестерського університету (Великобританія) у своїй статті [2] визначають концепцію електронного носа, як один із найефективніших підходів до вирішення задач, що потребують швидкого скринінгу різноманітних складних сумішей. Але при цьому відзначається, що незважаючи на багаторічну історію розвитку штучних нюхових систем, цей напрямок все ще залишається на стадії інтенсивних досліджень, як фундаментальних, так і прикладних, оскільки рівень узагальнення та формалізації у сфері прободготовки, введення проб та вимірювання все ще залишається недостатнім для цього виду аналізу.

Вітчизняними вченими Асею Калініченко і Ларисою Арсеньєвою (м. Ужгород, Україна) було розроблено інтелектуальну мультисенсорну систему для ідентифікації та оцінки якості харчових продуктів [3], в основу якої покладено методологією «електронний ніс» для аналітичного контролю харчових продуктів. Дана методологія передбачає дослідження закономірностей одержання оптимальних за дискримінаційною здатністю масивів п'єзокварцових сенсорів з перехресною чутливістю та аналізу багатовимірною відгуку системи з використанням методів машинного навчання. Вченими розроблено методологічну схему аналізу газової фази різних груп харчових продуктів масивом п'єзосенсорів, що включає рекомендації з вибору методів підготовки та відбору проб в залежності від характеристик об'єкта та задач аналізу.

Учені Сергій Швед, Ігор Ельперін, Світлана Шаруда, Василь Кишенько (НУХТ, Україна) в своїх роботах [4, 5, 6] визначають технологічні процеси хлібопекарського виробництва як такі, що характеризуються високим ступенем невизначеності на різних етапах перебігу процесу виробництва хліба, багатокомпонентністю, нелінійними залежностями між параметрами, високими вимогами до якості готової продукції. Вони приклали значних зусиль для математичного опису багатьох явищ, які характеризують перетворення сировини та напівфабрикатів у готову продукцію.

Побудовані математичні моделі можуть використовуватись для доповнення існуючих систем автоматизації виробничих процесів підсистемами підтримки прийняття рішень з використанням методів і алгоритмів нечіткої логіки [7, 8]. Але впровадження таких систем потребує об'єктивного аналізу технологічних процесів виробництва хлібобулочної продукції в режимі реального часу.

Регулярність об'єктивної оцінки критичних показників – маркерів технологічного процесу виробництва хлібобулочної продукції – на його ключових стадіях можна забезпечити за рахунок використання сучасних сенсорних пристроїв замість традиційної органолептичної оцінки з використанням органів чуттів людини.

У вітчизняній хлібопекарній промисловості розповсюджене технологічне обладнання для конвеєрного випікання хлібу, в якому використовуються форми із неелектропровідних матеріалів з пластинами із нержавіючої сталі, підключеними до системи електроживлення. Недоліками такого обладнання є велика кількість підготовчих операцій, які потрібно здійснювати вручну, періодичність процесу випікання хліба, відсутність автоматизації та низька продуктивність.

Метою статті є розробка інноваційного методу автоматизованого контролю смакоароматичних властивостей хліба в процесі його виробництва з метою його використання в існуючих конвеєрних лініях для випікання формового хлібу. Дослідження спрямоване на розширення можливостей використання інноваційних автоматизованих технологій у хлібопекарській промисловості та підвищення якості й конкурентоспроможності хлібобулочної продукції.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експертних досліджень в процесі промислового виробництва хлібобулочної продукції пропонується використовувати інноваційний пристрій для контролю запаху – електронний (біоелектронний) ніс.

Біоелектронний ніс – це електронний пристрій, який моделює функції людського нюху. Для цього у пристрої використовуються біохімічні сенсори або біоелементи, за допомогою яких можна піддати визначене середовище аналізу, а саме: ідентифікувати хімічні речовини, що містяться в ньому; визначити їх концентрацію; розпізнати та оцінити запахи.

Електронний ніс імітує роботу людського нюху, реагуючи не на окремі елементи запаху, а на їх сукупність. Пристрій складається з системи відбору проб повітря, датчиків і блоку обробки сигналів. Система відбору проб забезпечує стабільні умови для роботи датчиків, які виявляють склад запаху. У біоелектронних носах роль нюхових рецепторів виконують клоновані білки з біологічних організмів. Для обробки сигналів використовуються технології, такі як метало-оксидні напівпровідники, електропровідні полімери та кварцові мікроваги. Комп'ютер аналізує сигнали і видає результат.

Прикладом такого обладнання є портативний пристрій Cyranose 320, який призначено для контролю якості в харчовій і хімічній промисловості. Загальний вигляд мехатронного пристрою Cyranose 320 наведено на рис. 1.

Пристрій дає можливість у режимі реального часу здійснювати перевірку кожної партії сировини за консистенцією, а також наявністю ознак псування та/або забруднення. Cyranose 320 також використовується для швидкої оцінки хімічного стану, пов'язаного з відтворенням різних промислових процесів.

Використовуючи матрицю датчиків і вбудовані алгоритми розпізнавання образів, пристрій працює шляхом впливу на масив полімерних композитних датчиків хімічних

компонентів, що знаходиться у контрольному зразку повітря (газового середовища). Коли датчики контактують із контрольним зразком повітря (газу, пари), полімер розширюється, як губка, тим самим змінюючи опір композитів. Вимірюється зміна опору і на основі цього вимірювання визначається наявність речовини, на яку було налаштовано (навчено) пристрій. Процес представляє собою доволі швидку і точну діагностику.



Рисунок 1 – Загальний вигляд пристрою Cyranose 320

Для приладів типу Cyranose 320 перед використанням потрібно провести одноразовий сеанс навчання, під час якого користувач піддає датчик впливу зразків кожного типу, що можуть зустрітися йому під час тестування. У такий спосіб створюється базова група, з якою порівнюватимуться всі майбутні зразки.

Етап відбору зразка передбачає розміщення наконечника пристрою біля зразка та простого натискання кнопки «Виконати». Відбір проб повітря, вимірювання параметрів контрольних зразків датчиками, обробка даних з порівнянням зразків виконуються автоматично і займають приблизно одну хвилину. Якщо параметри поточної проби збігаються з одним із попередньо підготовлених контрольних зразків, пристрій повідомляє про їх ідентичність. Якщо прилад не розпізнає зразок, прилад видає відповідне повідомлення. По завершенню циклу пристрій автоматично перезавантажується і полімерні композитні датчики повертаються до початкового рівня опору.

Завдяки своєму призначенню та можливостям біоелектронний ніс може бути використаний і в хлібопекарській галузі для визначення якості продуктів, виявлення забруднень, оперативного контролю якості та керування технологічним процесом на всіх важливих етапах технологічного процесу: вхідного контролю якості інгредієнтів; приготування опари; вистоювання тіста; випікання виробів тощо. При цьому його можна використовувати як самостійний пристрій або вбудувати в аналітичну систему.

Розглянемо запропоновану нами модель імітаційної аналітичної системи для вимірювання та аналізу смаку і запаху в процесі випікання хліба, як ключових параметрів оцінки його якості.

Основними елементами імітаційної системи є:

- датчики температури і вологості, розміщені на окремих ділянках конвеєра для спостереження і вимірювання параметрів, що впливають на смакоароматичні властивості хлібобулочних виробів;
- інтегровані смакові сенсори, здатні визначати смакові властивості тіста та готової продукції, забезпечуючи об'єктивне вимірювання смакових характеристик;
- датчик «електронний ніс», який взаємодіє з ароматичними речовинами, що виділяються під час бродіння тіста і випікання, аналізує хімічні зміни та оцінює аромат продукту на різних етапах виробництва.

Запропонована структура імітаційної системи вимірювання дозволить отримувати об'єктивні дані про смакоароматичні властивості хліба з різних сортів і автоматично коригувати процес випікання для досягнення оптимальних органолептичних характеристик продукту. Для цього система датчиків інтегрована в процес випікання хліба на різних етапах конвеєрної лінії, забезпечуючи комплексний контроль над органолептичними характеристиками продукту протягом всього циклу.

На рис. 2 представлено принципову схему конвеєру для випікання хліба. Конвеєрна лінія включає: камеру для вистоювання та шнековий дозатор, розміщені на початку конвеєра; форми для вистоювання і випікання виробів; піддон для збору готової продукції (випеченого хліба), розташований під конвеєром; пристрої для миття, обдування і змащування форм.

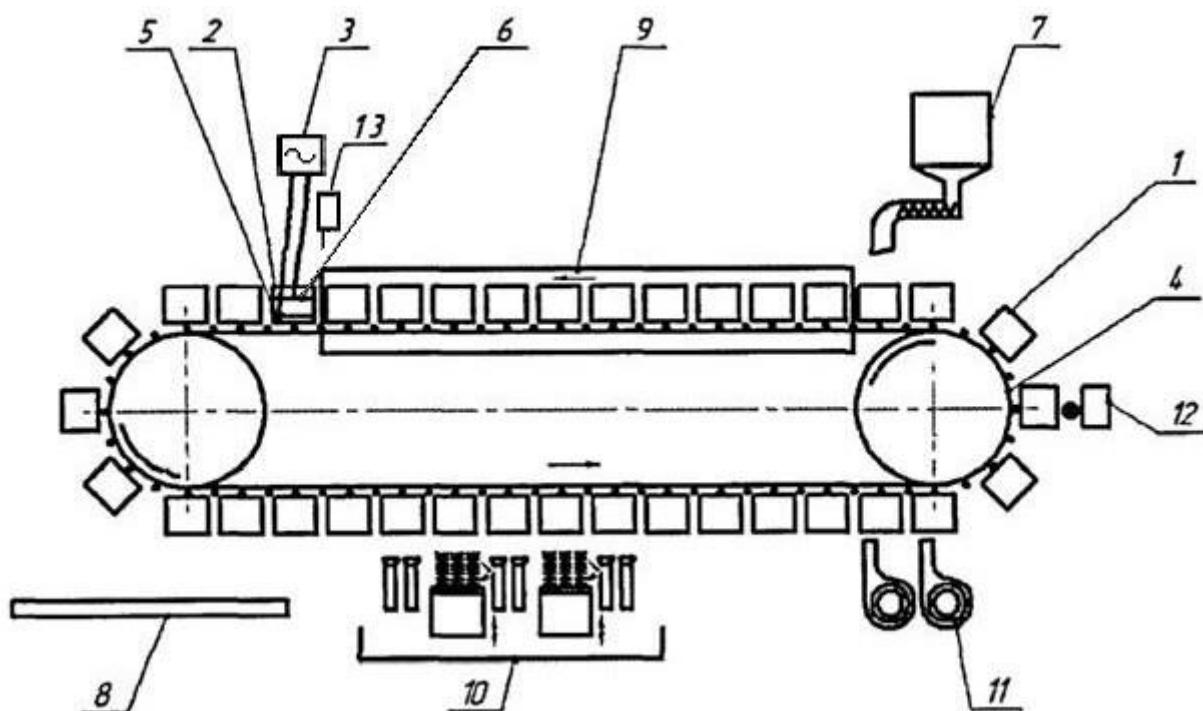


Рисунок 2 – Технологічна лінія-конвеєр для випікання хліба

- (1 – форма; 2 – пластины з нержавіючої сталі; 3 – джерело розподіленої генерації з перетворювачем високочастотної енергії (ПВЧЕ); 4 – пластинчастий конвеєр; 5 – пружинисті електроди; 6 – контакти; 7 – шнековий дозатор; 8 – піддон для вивантаження готових виробів; 9 – камера для вистоювання тістових заготовок; 10 – пристрої для миття форм; 11 – пристрої для обдування форм; 12 – пристрій з для змащування форм; 13 – пристрій для контролю запаху)

Конвеєрна лінія може бути розрахована на різну потужність і складатися із двох та більше форм для випікання. Між дозатором і системою електроживлення може бути встановлена камера для вистоювання, виконана у вигляді тунелю. Пристрій може включати пристосування для миття та обдування хлібних форм, розміщені під конвеєром після піддону, а також пристосування для змащення хлібних форм, розташоване між шнековим дозатором і пристосуванням для обдування хлібних форм.

В основі проекту технологічної лінії для випікання хлібу конвеєрна стрічка із закріпленими на ній хлібними формами. Хлібні форми мають особливу конструкцію, вони виготовлені із неелектропровідних елементів 1 з антипригарними властивостями, але містять вбудовані пластини із нержавіючої сталі 2, які підключаються до джерела розподіленої генерації з перетворювачем високочастотної енергії (ПВЧЕ) 3. Запропонована конструкція системи електроживлення ставить метою забезпечення технологічної лінії з виробництва хліба електрикою в періоди обмежень потужності енергосистеми та віялових відключень. Пропонується використовувати конвеєр пластинчастого типу 4 з жорстким закріпленням на ньому форм для випікання. На зовнішньому боці хлібних форм розміщено пружинисті електроди 5, встановлені з можливістю притиснення до контактів 6, які підключаються до системи електроживлення з ПВЧЕ.

На рис. 3 представлено окремо конструкцію форми для випікання 1. Корпус хлібних форм 13 виготовлено із діелектричного матеріалу. У кожний такий осередок вбудовуються пластини із нержавіючої сталі 2. За допомогою системи проводів і контактів 14, 15 до пластин із нержавіючої сталі 2 у потрібний момент підводиться ПВЧЕ.

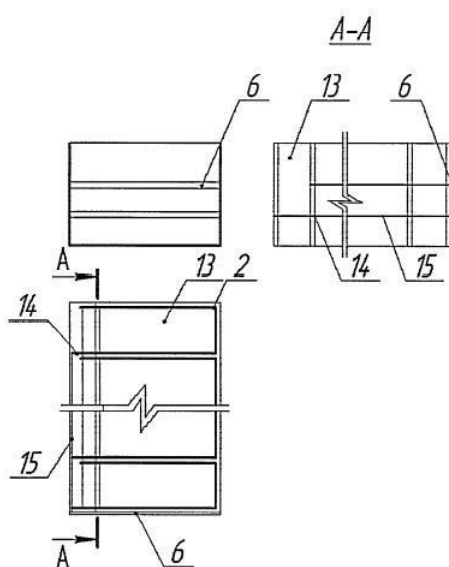


Рисунок 3 – Конструкція форми для випікання хлібу

Принцип дії технологічної лінії для випікання хлібу наступний:

1) порції тіста певної маси за допомогою ділильного автомату в форматі шнекового дозатора 7 потрапляють у хлібні форми 1, які жорстко закріплені на пластинах конвеєрної стрічки 4;

2) по ходу руху конвеєра електроди пружинистого типу 5 притискаються до контактів 6, розміщених на зовнішніх боках форм для випікання, при цьому до пластин з нержавіючої сталі 2 від ПВЧЕ підводиться електричний струм, за рахунок чого відбувається інтенсивний прогрів тістових заготовок з їх випіканням.

Випечені вироби охолоджуються під час подальшого руху конвеєрною стрічкою у формах. Після зміни напрямку руху, що видно з принципової схеми, хлібні вироби під дією власної ваги випадають із форм на піддон 8, розміщений безпосередньо під пластинчастим

конвеєром 4. Далі форми, в процесі свого руху конвеєрною стрічкою, піддаються механічному очищенню та миттю у спеціальному пристрої 10, який складається із системи валиків з щітками та шприцювального пристрою з підведенням мийної рідини. Після очищення форми висушуються, для цього вони проходять спеціальну систему обдування 11. За напрямком руху конвеєра на етапі, що передує заповненню форм тістовими заготовками, внутрішні поверхні хлібних форм змащуються жиром за допомогою спеціального пристрою 12. Після цього хлібні форми знову змінює геометричне розташування, прямує до шнекового дозатора і цикл повторюється.

Підвищення продуктивності підприємства при цьому досягається за рахунок відтворення безперервного циклу випікання формового хлібу. Можливість відтворення безперервного циклу виробництва хлібу навіть в умовах обмеженості постачання електрикою досягається:

- наявністю у складі технологічної лінії ділильного автомату зі шнековим дозатором;
- жорстким закріпленням хлібних форм на пластинах конвеєрної стрічки;
- використанням електрично-незалежних осередків із діелектричного матеріалу в формах для випікання;
- використанням автономної системи енергопідведення з пружними електродами;
- автоматичним вивантаженням випечених виробів із форм.

Засобів автоматизації пропонується використовувати у складі таких ключових елементів технологічної лінії для випікання хлібу:

- ділильному автоматі з шнековим дозатором;
- в камері для вистоювання тістових заготовок перед випіканням, розміщеній між ділильним автоматом і ділянкою випікання хлібу;
- системі електроживлення з джерелом розподіленої генерації та ПВЧЕ;
- модулі вивантаження готової продукції;
- пристрої для миття, очищення і обсушування хлібних форм;
- пристрої для змащування хлібних форм перед заповненням тістовими заготовками, вистоюванням та випіканням.

Для розміщення датчиків автоматичного контролю параметрів якості технологічного процесу випікання хлібу обрано такі позиції:

1) етап дозування тістових заготовок: електронний ніс розміщується біля дозувального автомату (позиція 7) для ідентифікації випаровувань від рідкого тіста, оцінки ступеня його готовності, визначення часу і параметрів вистоювання та випікання. Смакові сенсори, встановлені на цій ділянці, призначені для оцінки смакових якостей хлібу та ефективності змішування інгредієнтів;

2) етапи вистоювання та випікання хлібу: датчики типу «електронний ніс» встановлюються в зонах вистоювання та випікання виробів (позиція 13) для автоматичного контролю завершення вистоювання виробів перед випіканням та контролю готовності хлібобулочних виробів під час випікання відповідно;

3) етап охолодження та вивантаження: у зоні вивантаження готових виробів (позиція 8) для оцінки смакоароматичних властивостей готового хлібу розміщуються смакові сенсори та електронний ніс.

Таке розміщення інноваційних засобів автоматизованого контролю дозволяючи системі збирати дані на кожному етапі технологічного процесу виробництва хліба і забезпечує тим самим охоплення контролем усього виробничого циклу. Це дає змогу для швидкого реагування та керування параметрами технологічного процесу в режимі реального часу і сприяє забезпеченню стабільної якості технологічного процесу та кінцевого продукту.

Головними інноваційними складовими даної розробки є використання джерела розподіленої енергії з ПВЧЕ, а також вбудовані в процес мехатронні пристрої та системи автоматизованого контролю параметрів газового середовища (запаху), щільності, рН та інших характеристик для підвищення якості та продуктивності процесу виробництва хліба.

Використання у складі технологічної лінії модулів для дозування тістових заготовок; вистоювання тістових напівфабрикатів перед випіканням; випікання; вивантаження готових виробів; миття, обдування та змащування хлібних форм дозволяє автоматизувати виробничий процес та зменшити кількість ручних операцій.

При цьому використання мехатронного технологічного комплексу із системами автоматичного контролю параметрів запаху, щільності і рН може значно покращити якість виробництва та підвищити продуктивність процесу за рахунок відтворення безперервного виробничого циклу навіть в умовах обмеженості постачання енергосистеми. Потужність комплексу можна варіювати за рахунок кількості форм для випікання, розміщених на пластинчастому конвеєрі.

Запропоноване обладнання з інтегрованою до нього системою аналізу дозволить здійснювати безперервний процес випікання хліба як за традиційними рецептурами, так і інноваційних сортів, що зробить можливим розширення асортименту та/або збільшення продуктивності заводу. Технічний результат, досягнутий завдяки використанню запропонованої вдосконаленої конвеєрної лінії для випікання хліба, полягає у забезпеченні безперервного виробничого процесу, автоматизації виробництва, підвищенні продуктивності та зменшенні кількості ручних операцій.

Висновки. Отримані результати свідчать про значний потенціал використання інтегрованих технологій для підвищення якості та конкурентоспроможності хлібобулочної продукції під час енергетичних обмежень та віялових відключень електрики. Запропоновані методи можуть бути практично застосовані в харчовій промисловості, забезпечуючи споживачам регулярний доступ до високоякісних та інноваційних продуктів харчування.

Ця робота відкриває нові перспективи для подальших досліджень у галузі виробництва хліба, спрямованих на вдосконалення технологічних процесів та покращення якості продукції відповідно до сучасних стандартів та очікувань споживачів.

Список літератури

1. Loutfi, A. et al. Electronic noses for food quality: A review. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 144. P. 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.07.019>
2. Burlachenko, J. et al. Sample handling for electronic nose technology: State of the art and future trends. *TrAC – Trends in Analytical Chemistry*. 2016. Vol. 82. P. 222–236. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.06.007>
3. Калініченко А. О. Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки якості харчових продуктів : дис. ... канд. хім. наук : 02.00.02 / Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет». Ужгород, 2021. 262 с. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/33195>
4. Швед С. М., Ельперін І. В. Системний аналіз технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2012. № 613(60). С. 44–46.
5. Шаруда С. С., Кишенько В. Д. Імітаційне дослідження системи управління технологічними процесами хлібозаводу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2011. № 3. С. 14–16.
6. Шаруда С. С., Кишенько В. Д. Інтелектуальна система сценарного управління хлібопекарським виробництвом. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2010. № 5/3 (47). С. 66–70.
7. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів : монографія; за заг. ред. В. П. Хорольського. Кривий Ріг : Видавець ФО-П Чернявський Д. О. 2019. 203 с.
8. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Серебренников В. М. Автоматизовані системи керування виробництвом смарт-продуктів харчування : монографія. Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д.О., 2021. 311 с.

References

1. Loutfi, A. et al. (2015). Electronic noses for food quality: A review. *Journal of Food Engineering*, 144, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.07.019>
2. Burlachenko, J. et al. (2016). Sample handling for electronic nose technology: State of the art and future trends. *TrAC – Trends in Analytical Chemistry*, 82, 222–236. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.06.007>
3. Kalynychenko, A. O. (2021). *Intelektualna multisensorna systema dlia identyfikatsii ta otsinky yakosti kharchovykh produktiv : dys. kand. khim. nauk : 02.00.02* [Intellectual multisensor system for identification and quality assessment of food products: Dissertation ... Candidate of Chemical Sciences: 02.00.02], *Derzhavnyi vyshchyi navchalnyi zaklad «Uzhhorodskyi natsionalnyi universytet»* [State Higher Educational Institution "Uzhhorod National University"]. Uzhhorod. 262 p. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/33195>
4. Shved, S. M., Elperin, I. V. (2012). *Systemnyi analiz tekhnologichnoho protsesu vyrobnytstva khlіbobulochnykh vyrobiv* [System analysis of the technological process of bakery production], *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], 613(60), 44–46.
5. Sharuda, S. S., Kyshenko, V. D. (2011). *Imitatsiine doslidzhennia systemy upravlinnia tekhnologichnykh protsesamy khlіbozavodu* [Simulation study of the technological process management system of a bread factory], *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu* [Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute], 3, 14–16.
6. Sharuda, S. S., Kyshenko, V. D. (2010). *Intelektualna systema stsenarnoho upravlinnia khlіbopekarskym vyrobnytstvom* [Intelligent scenario management system for bakery production], *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii* [Eastern European Journal of Advanced Technologies], 5/3 (47), 66–70.
7. Khorolskyi, V. P. and others. (2019). *Intelektualni systemy upravlinnia vyrobnytstvom khlіbobulochnykh vyrobiv* [Intelligent management systems for the production of bakery products], Kryvyi Rih, Publisher of FO-P Chernyavskyi D.O. 203 p.
8. Khorolskyi, V. P., Korenets, Yu. M., Serebrenykov, V. M. (2021). *Avtomatyzovani systemy keruvannia vyrobnytstvom smart-produktiv kharchuvannia* [Automated control systems for the production of smart food products], Kryvyi Rih, Publisher Chernyavskyi D.O. 311 p.

Objective. The aim of the article is to develop an innovative method for the automated control of the flavor and aroma properties of bread during its production, with the goal of using it in existing conveyor lines for baking molded bread. The research is focused on expanding the capabilities of innovative automated technologies in the bakery industry and improving the quality and competitiveness of bakery products.

Methods. The article utilizes an analysis of current technologies based on a review of literature sources and theoretical modeling of an automated control system for the organoleptic properties of bakery products. For conducting expert studies in the industrial production of bakery products, it is proposed to use an innovative device for odor control – an electronic (bioelectronic) nose. Thus, the main element of the mechatronic device for the conveyor line of molded bread baking is determined to be an integrated sensor system for evaluating the aroma and taste qualities of the bread.

Results. The article examines the direction of improving industrial technological lines for the production of bakery products through the use of automation systems for production processes with decision support subsystems based on the use of fuzzy logic methods and algorithms, which will operate based on objective analysis of the bread production technological process in real-time. The regularity of objective assessment of critical indicators – markers of the technological process of bakery production – at its key stages is proposed to be ensured by using modern sensor devices to replace traditional organoleptic assessment based on the use of human sensory organs. The drawbacks of technological equipment for conveyor bread baking used in the domestic bakery

industry include a large number of preparatory operations that need to be carried out manually, the periodic nature of the bread baking process, lack of automation, and low productivity. The proposed equipment with an integrated system for analyzing organoleptic characteristics will enable a continuous bread baking process both for traditional recipes and innovative varieties, making it possible to expand the assortment and/or increase the plant's productivity. The technical result obtained from using the proposed improved conveyor line for bread baking is ensuring continuous production, automation of the production process, increased productivity, and reduction of the number of manually performed operations.

Keywords: *bakery product, technological process, organoleptic assessment, quality control, automation.*

Цвіркун Л. О., канд. пед. наук
Омельченко О. В., канд. техн. наук
Лісовий С. Р., здобувач СВО магістра
Шилін А. С., здобувач СВО бакалавра
Корінь К. О., здобувач СВО бакалавра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ БАНАНІВ

UDC (66.047.4/.5:634.771): 001.8(045)

Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences
Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences
Lisovy S. R., a graduate of a master's degree
Shilin A. S., a graduate of a bachelor degree
Koryn K. O., a graduate of a bachelor degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

RESEARCH AND OPTIMIZATION OF CONVECTION DRYING PROCESSES OF BANANAS

Мета. Метою статті є оптимізація процесів сушіння плодовоовочевої сировини на прикладі бананів.

Методи. У роботі для дослідження процесів сушіння бананів при різних температурних режимах, застосовано метод конвективного сушіння.

Результати. Зазначено, що багато різновидів плодовоовочевої сировини дуже швидко втрачає істотні властивості через високий вміст вологи: груші, яблука, абрикоси, сливи, гриби тощо. Для запобігання втратам якості (аромат, колір, зовнішній вигляд, поживні властивості) та збільшення терміну зберігання, застосовують різноманітні методи, зокрема сушіння, яке є ефективним методом обробки плодовоовочевої сировини. Вважається, що при зневодненні продукти харчування повинні зберігати такі критерії якості: колір, форма і текстура. Тому важливим є пошук оптимальних температурних режимів сушіння для різних видів плодовоовочевої сировини. Сконцентровано увагу на тому, що методи сушіння харчової сировини спрямовані на виготовлення високоякісної безпечної сировини та покращення ефективності обробки. У зв'язку з цим пропонується, застосовувати не лише традиційні методи сушіння, а й поєднувати деякі методи сушіння, задля скорочення часу висихання та зниження споживання енергії. Для оптимізації процесів сушіння сировини було проведено дослідження, яке передбачало сушіння бананів за допомогою конвективного методу, а саме в сушильній шафі з примусовою конвекцією. Для сушіння банани було нарізано на скибочки товщиною 10 мм. Температура сушіння для різних зразків становила 35°C, 60°C та 80°C, час сушіння однаковий. Показниками якості було обрано критерії: колір (однорідний без опіків та пошкоджень); форма (однорідна за обсягом), текстура (відносно тверда, не крихка). Було отримано результати, які свідчать, що температура сушіння бананів – 35°C занадто низька, тому ефективність сушіння знижується і призводить до отримання недосушених (в'ялених) бананів. У процесі сушіння бананів при температурі 60°C отримали

сушені банани, які мають відповідний зовнішній вигляд (однорідний колір без опіків та пошкоджень), форму (однорідна за обсягом), текстуру (тверда, не крихка). Температура сушіння бананів – 80°C є занадто високою, поверхневий шар бананів швидко став твердим, що призвело до зменшення розмірів та втрати соковитості. Отримані сушені банани, при температурі сушіння 80°C, мають не відповідний зовнішній вигляд (неоднорідний колір з деякими опіками), форму (неоднорідна за обсягом, спостерігається зменшення розмірів), текстуру (тверда, крихка).

Ключові слова: конвективне сушіння, комбіновані методи сушіння, критерії якості, показники якості, колір, форма, текстура, банани.

Постановка проблеми. Багато різновидів плодовоовочевої сировини дуже швидко втрачає споживчі властивості через високий вміст вологи: груші, яблука, абрикоси, сливи, гриби тощо. Для запобігання втратам якості (аромат, колір, зовнішній вигляд, поживні властивості) та збільшення терміну зберігання, застосовують різноманітні методи, зокрема сушіння, яке є ефективним методом обробки плодовоовочевої сировини.

Видалення вологи із сировини є необхідним етапом виробництва, який проходить із застосуванням певних температурних режимів, що дозволяє тривалий час зберігати кінцевий продукт без порушення його органолептичних властивостей. Зневоднення призводить до зниження активності бактерій, дріжджів та цвілі, що запобігає псуванню та можливості зберігання продукту при температурі навколишнього середовища [1-4]. Тому з-поміж основних параметрів, що впливають на якість продуктів, що підлягають сушінню є температура. Деяка рослинна сировина дуже чутлива до нагрівання, бо її якість суттєво може знизитися, якщо вона буде піддаватися надмірному температурному режиму. Занадто сильне нагрівання призводить до пошкодження зовнішньої поверхні, яка може стати дуже сухою в короткий проміжок часу, обгоріти або занадто підсмажитися, що не буде приваблювати споживача. Тому якість продукції набуває все більшого значення у процесі сушіння харчових продуктів. При зневодненні плодовоовочева сировина повинна зберігати такі критерії якості, як колір, форму і текстуру. Тому важливим є дослідження та обґрунтування оптимальних температурних режимів сушіння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останнім часом науковці приділяють багато уваги удосконаленню методів сушіння продуктів харчування. Вважається, що сушіння зазвичай описує процес видалення вологи для отримання твердого продукту. Передача енергії у вигляді тепла від навколишнього середовища до вологого твердого тіла може відбуватися в результаті конвекції, провідності або випромінювання, а в деяких випадках і в результаті поєднання деяких методів [5]. Для ефективного здійснення процесу сушіння продуктів харчування застосовують різноманітні сушарки за способом підведення теплоти вони класифікуються на такі види сушіння: конвективне, контактне, діелектричне, мікрохвильове, сублімаційне тощо.

Конвекція є найпоширенішим способом сушіння плодовоовочевої сировини. Під час конвективного сушіння попередньо оброблені овочі піддаються дії гарячого повітряного потоку 50°C-90°C [6, 7, 8]. Проте при даному методі сушіння зневоднена сировина має тривалий час сушіння, що може спричинити втрати поживних речовин, а також нерівномірне висихання, що спричиняє опіки та пошкодження. Так, наприклад, імбир є традиційним рослинним лікарським засобом, який використовують як приправу в різних країнах світу. Процес зневоднення не тільки продовжує сировині час зберігання, а й забезпечує відповідну якість і смак. Зневоднені скибочки імбиру можуть використовуватися як чіпси або подрібнюватися в імбирний порошок. Тому для збереження антиоксидантних властивостей імбиру його краще сушити при більш низьких температурах, бо високі температури сушіння можуть призвести до втрати вітамінів та мінералів, що недопустимо для даного виду сировини. Для отримання високоякісного висушеного продукту перевага віддається нижчій температурі сушіння.

Інфрачервона сушка відбувається шляхом впливу на свіжий продукт електромагнітного випромінювання в діапазоні довжин хвиль 0,8–1000 мкм. Енергія інфрачервоного випромінювання передається від джерела нагріву до поверхні об'єкту сушіння, взаємодіючи з внутрішньою структурою сировини, що сприяє збільшенню температури та швидкості випаровування вологи [7, 8]. Під час процесу ІЧ-сушіння середовище для передачі енергії від джерела до продуктів харчування не потрібне.

Мікрохвильове і радіочастотне сушіння відносять до діелектричного сушіння. Процес нагріву полягає у взаємодії між електромагнітним полем, яке створюється радіочастотним генератором і молекулярними води, що містяться у продукті. Вода в овочевій сировині часто є основним компонентом, який відповідає за діелектричне нагрівання/сушіння, оскільки є від природи біполярна, вона нагрівається, що призводить до випаровування [7, 8]. Удосконалення методів сушіння харчової сировини спрямовані на виготовлення високоякісної безпечної сировини та покращення ефективності обробки. Тому останнім часом пропонується поєднання деяких методів сушіння, задля скорочення часу висихання та зниження споживання енергії зберігаючи при цьому високу якість продукції. Розглянемо деякі комбіновані методи сушіння, які застосовуються у харчовому виробництві (табл. 1).

Таблиця 1 – Комбіновані методи сушіння

Комбіновані методи сушіння	Характеристика
Поєднання конвективної сушки з вакуумно-мікрохвильовою сушкою	Призводить до отримання продуктів кращої якості при меншій вартості процесу, а також меншому енергоспоживанні [7, 8]
Поєднання ІЧ-випромінювання з сублімаційним сушінням	Позитивно впливає на якість сушеної сировини та має великий потенціал у промисловому застосуванні, бо сублімаційне сушіння є досить повільним і часто малопродуктивним процесом [8, 10]
Поєднання інфрачервоного та вакуумного сушіння сировини	Прискорює процес сушіння за рахунок ІЧ-випромінювання та отримання сировини високої якості, застосовуючи вакуумне сушіння, яке уможливорює досушування продукти через більш низьку температуру сушіння [7, 9]
Поєднання ІЧ-випромінювання та конвективного сушіння	Ефективний і швидкий метод сушіння, має високу якість висушених продуктів, зменшення часу сушіння, зниження споживання енергії та підвищення енергоефективності [7, 8, 9]
Поєднання вакуумно-мікрохвильового сушіння	Є досить ефективним методом, оскільки процес передбачає використання вакууму, який забезпечує швидкий масообмін і низьку температуру в поєднанні з мікрохвильовим нагріванням, що сприяє прискоренню передачі теплової енергії [7, 8, 10]

Якість продукції набуває все більшого значення у процесі сушіння харчових продуктів. При зневодненні продукти харчування повинні зберігати такі критерії якості: колір, форма і текстура. Тому важливим є пошук оптимальних температурних режимів сушіння для різних видів плодовоовочевої сировини.

Мета статті – оптимізація процесів сушіння плодовоовочевої сировини на прикладі бананів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Колір є одним з найголовніших критеріїв якості, що оцінюється споживачами, які мають певні очікування щодо якості продукту,

особливо зовнішнього вигляду, бо схильні до асоціацій кольору та його візуальних властивостей зі смаком. Тому колір і форма вважаються основними критеріями сприйняття готового продукту [7]. Не менш вагомим критерієм є текстура, яка має відповідати певним вимогам якості, а саме бути незанадто твердою, однорідною по всій пластині, крихкою при механічному впливі. Для оптимізації процесів сушіння сировини було проведено дослідження, яке передбачало сушіння бананів за допомогою конвективного методу, а саме в сушильній шафі з примусовою конвекцією. Для сушіння банани було нарізано на скибочки товщиною 10 мм. Температура сушіння для різних зразків становила 35°C, 60°C та 80°C, час сушіння для всіх зразків був однаковий. Показниками якості було обрано критерії: колір (однорідний без опіків та пошкоджень); форма (однорідна за обсягом), текстура (відносно тверда, не крихка). Розглянемо отримані якісні показники сушених бананів, зневоднених за різної температури.

Перший дослід передбачав сушіння бананів при температурі 35°C, рис. 1. Як відомо, такі параметри, як температура та швидкість повітряного потоку можна регулювати у процесі сушіння, а отже колір і форма можуть зберігатися в допустимих межах після висихання. Якщо температура занадто низька, ефективність сушіння знижується і може призвести до отримання продукції низької якості. Так, у процесі сушіння при таких низьких температурах було отримано в'ялені банани.

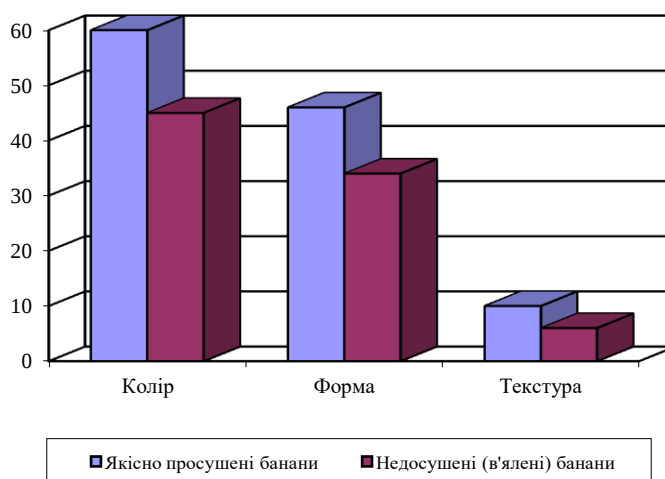


Рисунок 1 – Порівняння критеріїв якості недосушених (в'ялених) бананів з якісно просушеною сировиною

Другий дослід передбачав сушіння бананів при температурі 60°C, рис. 2. Отримані сушені банани, при температурі сушіння 60°C, мають відповідний зовнішній вигляд (однорідний колір без опіків та пошкоджень), форму (однорідна за обсягом), текстуру (тверда, не крихка).

Третій дослід передбачав сушіння бананів при температурі 80°C, рис. 3. Температура сушіння бананів при 80°C є занадто високою, бо поверхневий шар сировини швидко став твердим і це призвело до деякого зменшення розмірів скибочок, втрати поживних речовин та соковитості. Спостерігається зміцнення зовнішнього шару продукту, що призводить до пересушення та навіть деякого потемніння в середині бананів, що є неприйнятними для споживання.

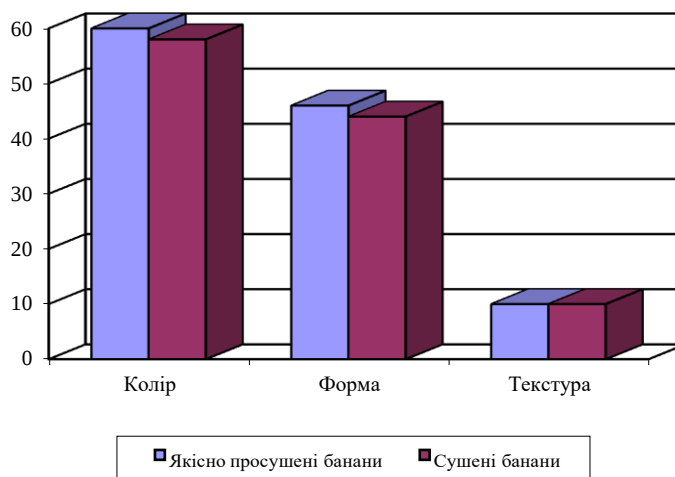


Рисунок 2 – Порівняння критеріїв якості якісно просушеної сировини

Отримані сушені банани, при температурі сушіння 80°C, мають не відповідний зовнішній вигляд (неоднорідний колір з деякими опіками), форму (неоднорідна за обсягом, спостерігається деяке зменшення розмірів), текстуру (тверда, крихка).

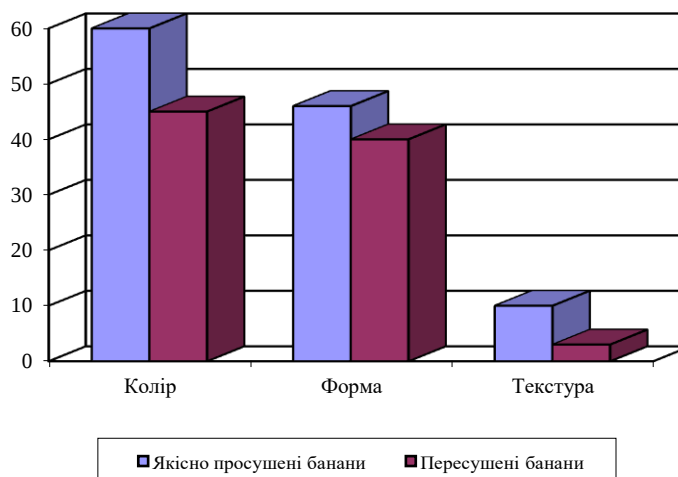


Рисунок 3 – Порівняння критеріїв якості пересушених бананів з якісно просушеною сировиною

Зразки сушених бананів при різних температурах представлено на рис. 4.



Рисунок 4 – Зразки сушених бананів при різних температурах

Отже, для оптимізації процесів сушіння сировини було проведено дослідження, яке передбачало сушіння бананів за допомогою конвективного методу, а саме в сушильній шафі з примусовою конвекцією. Для сушіння банани було нарізано на скибочки товщиною 10 мм. Температура сушіння для різних зразків становила 35°C, 60°C та 80°C, час сушіння однаковий. Показниками якості було обрано критерії: колір (однорідний без опіків та пошкоджень); форма (однорідна за обсягом), текстура (відносно тверда, не крихка). Було отримано результати, які свідчать, що температура сушіння бананів – 35°C занадто низька, тому ефективність сушіння знижується і призводить до отримання недосушених (в'ялених) бананів. У процесі сушіння бананів при температурі 60°C отримали сушені банани, які мають відповідний зовнішній вигляд (однорідний колір без опіків та пошкоджень), форму (однорідна за обсягом), текстуру (тверда, не крихка). Температура сушіння бананів – 80°C є занадто високою, поверхневий шар бананів швидко став твердим, що призвело до зменшення розмірів та втрати соковитості. Отримані сушені банани, при температурі сушіння 80°C, мають не відповідний зовнішній вигляд (неоднорідний колір з деякими опіками), форму (неоднорідну за обсягом, спостерігається зменшення розмірів), текстуру (тверда, крихка).

Висновки. Зазначено, що багато різновидів плодовоовочевої сировини дуже швидко втрачає їстівні властивості через високий вміст вологи: груші, яблука, абрикоси, сливи, гриби тощо. Для запобігання втратам якості (аромат, колір, зовнішній вигляд, поживні властивості) та збільшення терміну зберігання, застосовують різноманітні методи, зокрема сушіння, яке є ефективним методом обробки плодовоовочевої сировини. Тому якість продукції набуває все більшого значення в процесі сушіння харчових продуктів. При зневодненні продукти харчування повинні зберігати такі критерії якості: колір, форма і текстура. Тому важливим є пошук оптимальних температурних режимів сушіння для різних видів плодовоовочевої сировини.

Сконцентровано увагу на тому, що методи сушіння харчової сировини спрямовані на виготовлення високоякісної безпечної сировини та покращення ефективності обробки. Тому останнім часом пропонується поєднання деяких методів сушіння, задля скорочення часу висихання та зниження споживання енергії зберігаючи при цьому високу якість продукції.

Для оптимізації процесів сушіння сировини було проведено дослідження, яке передбачало сушіння бананів за допомогою конвективного методу, а саме в сушильній шафі з примусовою конвекцією. Для сушіння банани було нарізано на скибочки товщиною 10 мм. Температура сушіння для різних зразків становила 35°C, 60°C та 80°C, час сушіння однаковий. Показниками якості було обрано критерії: колір (однорідний без опіків та пошкоджень); форма (однорідна за обсягом), текстура (відносно тверда, не крихка). Було отримано результати, які свідчать, що температура сушіння бананів – 35°C занадто низька, тому ефективність сушіння знижується і призводить до отримання недосушеної сировини. У процесі сушіння бананів при температурі 60°C отримали сушені банани, які мають відповідний зовнішній вигляд (однорідний колір без опіків та пошкоджень), форму (однорідна за обсягом), текстуру (тверда, не крихка). Температура сушіння бананів – 80°C є занадто високою, поверхневий шар бананів швидко став твердим, що призвело до зменшення розмірів та втрати соковитості. Отримані сушені банани, при температурі сушіння 80°C, мають не відповідний зовнішній вигляд (неоднорідний колір з деякими опіками), форму (неоднорідна за обсягом, спостерігається зменшення розмірів), текстуру (тверда, занадто крихка).

Список літератури

1. Євлаш О.В., Неміріч А. В., Гавриш Т.А. Дослідження якості сушених капусти та кабачків під час зберігання. *Наукові праці НУХТ*. 2012. № 46. С. 55–59.
2. Donald G. Mercer. An introduction to food dehydration and drying. New York: Apple Academic Press, 2010. 83 p.
3. Huzova I.O., Atamanyuk V.M. Dynamics of drying processes of plant raw material in the period of decreasing speed. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30. P. 419–430.

4. Górnicki K., Kaleta A. Drying curve modelling of blanched carrot cubes under natural convection condition. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 82. P. 146–152.
5. Arun S. Mujumdar, Anilkumar S. Menon. Drying of Solids: Principles, Classification, and Selection of Dryers. New York: CRC Press, 2020. 30 p.
6. Drying technology in food processing. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/19/10597>.
7. Arun S. Mujumdar. Advances in Drying Science and Technology: Handbook of Drying of Vegetables and Vegetable Products. New York: CRC Press, 2017. 537 p.
8. Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/9/1261>.
9. Бессараб О.С. Технологія сушіння плодів та овочів. К.: НУХТ, 2008. 84 с.
10. Тарасенко Т.А., Євлаш В.В., Неміріч О.В. Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. № 4 (64), 2015. С. 148–158.

References

1. Yevlash, O.V., Nemirich, A. V., Havrysh, T.A. (2012). *Doslidzhennya yakosti sushenykh kapusty ta kabachkiv pid chas zberihannya* [Study of the quality of dried cabbage and zucchini during storage]. *Naukovi pratsi NUKHT* [Scientific works of NUHT]. Vol. 46. P. 55–59.
2. Donald, G. Mercer. (2010). *Vstup do znevodnennya ta sushinnya yizhi* [An introduction to food dehydration and drying]. New York: Apple Academic Press, 83 p.
3. Huzova, I.O., Atamanyuk, V.M. (2022). *Dynamika protsesiv sushinnya roslynnoyi syrovynyv period znyzhennya shvydkosti* [Dynamics of drying processes of plant raw material in the period of decreasing speed]. *Zhurnal khimiyi ta tekhnolohiy* [Journal of Chemistry and Technologies]. Vol. 30. P. 419–430.
4. Górnicki, K., Kaleta, A. (2007). *Modelyuvannya kryvoyi sushinnya blanshovanykh kubykiv morkvy v umovakh pryrodnoyi konvektsiyi* [Drying curve modelling of blanched carrot cubes under natural convection condition]. *Zhurnal kharchovoyi inzheneriyi* [Journal of Food Engineering]. Vol. 82. P. 146–152.
5. Arun, S. Mujumdar, Anilkumar, S. Menon. (2020). *Sushinnya tverdykh rehovyn: pryntsypy, klasyfikatsiya ta vybir susharok* [Drying of Solids: Principles, Classification, and Selection of Dryers]. New York: CRC Press, 30 p.
6. *Tekhnolohiya sushinnya v kharchoviy promyslovosti* [Drying technology in food processing]. Access mode: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/19/10597>.
7. Arun, S. Mujumdar. (2017). *Dosyahnennya nauky ta tekhnolohiyi sushinnya: Posibnyk iz sushinnya ovochiv ta ovochevykh produktiv* [Advances in Drying Science and Technology: Handbook of Drying of Vegetables and Vegetable Products]. New York: CRC Press, 537 p.
8. *Porivnyannya tradytsiynykh i novykh tekhnolohiy sushinnya ta yikh vplyv na yakist' fruktiv, ovochiv i aromatnykh trav* [Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs]. Access mode: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/9/1261>.
9. Bessarab, O.S. (2008). *Tekhnolohiya sushinnya plodiv ta ovochiv* [Technology of drying fruits and vegetables]. Kyiv: NUHT, 84 p.
10. Tarasenko, T.A., Yevlash, V.V., Nemirich, O.V. (2015). *Teoretychne doslidzhennya sposobiv sushinnya ovochiv ta fruktiv* [Theoretical study of methods of drying vegetables and fruits]. *Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhys'koho* [Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzhitskyi]. Vol. 4 (64), P. 148–158.

Objective. The purpose of the article is to optimize the drying processes of fruit and vegetable raw materials using bananas as an example.

Methods. In this work, the convective drying method was used to study the processes of drying bananas at different temperature conditions.

Results. It has been noted that many varieties of fruit and vegetable raw materials very quickly lose their edible properties due to high moisture content: pears, apples, apricots, plums, mushrooms, etc. To prevent loss of quality (aroma, color, appearance, nutritional properties) and increase shelf life, various methods are used, in particular drying, which is an effective method for processing fruit and vegetable raw materials. It is believed that when dehydrated, products must retain the following quality criteria: color, shape and texture. Therefore, it is important to search for optimal drying temperature conditions for various types of fruit and vegetable raw materials. Attention is focused on the fact that methods of drying food raw materials are aimed at producing high-quality safe raw materials and improving processing efficiency. In this regard, it is proposed to use non-cast traditional drying methods, but also combine some drying methods to reduce drying time and reduce energy consumption. To optimize the drying processes of raw materials, a study was conducted that involved drying bananas using the convective method, namely in a forced convection drying cabinet. For drying, bananas were cut into 10 mm thick slices. The drying temperature for different samples was 35°C, 60°C and 80°C, and the drying time was the same. The following criteria were chosen as quality indicators: color (uniform without burns or damage); shape (uniform in volume), texture (relatively hard, not brittle). Results were obtained indicating that the banana drying temperature of 35°C is too low, so the drying efficiency is reduced and leads to under-dried raw materials. In the process of drying bananas at a temperature of 60°C, dried bananas were obtained that had the appropriate appearance (uniform color without burns or damage), shape (uniform in volume), texture (hard, not brittle). The banana drying temperature of 80°C is too high; the surface layer of bananas quickly became hard, which led to a decrease in size and loss of juiciness. The resulting dried bananas at a drying temperature of 80°C have an inappropriate appearance (inhomogeneous color with some burns), shape (inhomogeneous in volume, a decrease in size is observed), and texture (hard, too brittle).

Key words: convective drying, combined drying methods, quality criteria, quality indicators, color, shape, texture, bananas.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI: 10.33274/2079-4827-2024-48-1-60-66

УДК 663.81.05:664.857.039.3

Перекрест В. В., асистент

Омельченко О. В., канд. техн. наук

Трунов В. Ю., здобувач СВО магістра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ АЛЮМОСЕЛІКАТІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНОГО АДСОРБЕНТУ

UDC 663.81.05:664.857.039.3

Perekrest V. V., assistant

Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences

Trunov V. Yu., a graduate of a master's degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Krivyi Rig, Ukraine), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

SELECTION OF TECHNOLOGY FOR ENRICHING ALUMINOSILICATES TO OBTAIN AN EFFECTIVE ADSORBENT

Мета. Метою статті є проведення аналізу процесів та способів збагачення білої глини (каоліну), яка буде потім використовуватися в якості високоякісного адсорбента для очищення рослинних олій, а також виявлення найбільш ефективного у всіх напрямках отриманого результату. У подальшому визначити вибір оптимальної технології збагачення в цензі оптимізації тимчасових витрат часу, сировини, супутніх матеріалів та енергоефективності при досягненні максимального бажаного отриманого ефекту.

Методи. Під час проведення дослідження процесів збагачення білої глини (каоліну) були застосовані експериментальні та аналітичні методи дослідження. Проведено ряд експериментів, отримано декілька хімічних та фізичних аналізів вилучених зразків. Проаналізовано кількість існуючих способів збагачення сировини та вибір оптимальної для цього технології. Також в роботі надані рекомендації по доцільному використанню як технологій так і отриманого продукту.

Результати. В якості об'єкта дослідження обрані алюмосилікатні адсорбенти (каолінові глини) для очищення рослинних олій. Було розглянуто кілька сучасних існуючих технологій збагачення каоліну та показано вплив кожної на підвищення питомої поверхні отриманих зразків, при цьому враховані матеріальні, енергетичні витрати та собівартість кінцевого продукту. Високий рівень питомої поверхні є одним із головних чинником в процесах адсорбції. Адсорбційні характеристики збагаченої форм глини вивчали шляхом побудови ізотерм адсорбції нітратів кобальту, використовуючи метод змінних концентрацій у статичних умовах. Були проведені лабораторні дослідження отриманих зразків. Потім була вибрана та рекомендована найоптимальніша технологія збагачування, яка є ефективною з точки зору часу, енергоефективності та якості продукту. Досліджено, що найкращі показники має зразок подвійного вологого збагачування.

Ключові слова: каолін, біла глина адсорбент, алюмосилікат, подвійне вологе збагачення, адсорбційні характеристики, питома поверхня, ізотерми сорбції, нітрати кобальту.

© Перекрест В. В., Омельченко О. В., Трунов В. Ю.

Постановка проблеми. Мабуть, найважливішим недоліком рослинних олій, що виготовляються на малих пресах, є наявність високого вмісту речовин, наявність яких вкрай небажана.

Причина полягає в наступному: малотоннажні пресові лінії, кількість яких казет з кожним роком, не мають обладнання, що дозволяє ефективно відокремлювати «насіння від кукіль» і тому сировина для віджиму практично така ж як вихідне насіння. Отримані олії містять пестициди, полярні та неомілювані ліпіди, важкі метали та інші вкрай небажані сполуки, які надалі при зберіганні сприяють гідролітичним та окислювальним процесам.

Найбільш кардинальним способом очищення олій – це класична рафінація. Цей процес включає такі операції як гідратація, виморожування, нейтралізація, промивання, сушіння, відбілювання і, звичайно, дезодорація масла. На жаль, на малотоннажних лініях процес рафінації просто не рентабельний.

Перспективним способом очищення нерафінованих масел є додавання, розведені органічним розчинником масла, різних сорбентів.

Окреме місце у списку сорбентів займають глини і ось чому вони екологічні, недорогі і ними така багата Україна. Напевно, найважливішим завданням для технологів є збільшення сорбційної здатності алюмосилікатів. Існує різні рішення проблеми як водяне збагачення (мокре), сухе у вихровому сепараторі та ін.

Ми спробуємо розібратися у перевагах та недоліках білої глини, отриманої різними способами збагачення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збагачення глинистої сировини сприяє стабілізації складу та технологічних властивостей мас, підвищує якість виробів та продуктивність обладнання, знижує трансфертні витрати, покращує техніко-економічні показники виробництва.

При мокрому процесі збагачення каолінів відбувається виділення головного компонента - каолініту, ретельно очищеного від різних зернистих домішок та оксидів, що фарбують. Природний каолін виглядає як полімінеральна суміш, що складається з каолініту, польових шпатів, слюди, кварцу, залізо- та титановмісних сполук, причому розмір кварцитів, польового шпату та слюди на порядок перевищує розмір частинок каолініту. На цій більш-менш різниці у розмірах і масі частинок заснований метод збагачення каолінових глин [1].

При мокрому способі подрібнений каолін розпускають у мішалка у воді при додаванні електролітів. Електроліти інтенсифікують процес збагачення, сприяють підвищенню щільності суспензії каолінової при цьому витрати води зменшуються в кілька разів, вдосконалюють умови процесу відділення частинок глини від різних домішок. Відбувається осадження піску та інших кам'янистих домішок. З копісток зливають суспензію в ємності через спускний отвір, який знаходиться трохи вище низу мішалки з урахуванням висоти осаду чужорідних важких частинок. У ці ємності додають коагулятори (вапняне молоко, поліакриламід та ін.) для укрупнення каолінових частинок. Далі суспензію під тиском подають до фільтр-пресів, в яких здійснюється неповне зневоднення суспензії (при тиску 10 бар і протягом 45-60 хв). Потім коржі подрібнюють та направляють до сушіння. Температура теплоносія на вході в сушильну камеру не вище -120 °С. Висушений каолін тарують у мішки та відправляють на зберігатися на склад [2, 3].

Основний недолік цього способу при використанні в якості коагулятора вапняного молока - складність отримання каоліну зі стабільними властивостями, через що може статися погіршення ливарних властивостей шлікера та формувальних властивостей мас.

При сухому способі каолін-сирець проходить сушіння в сушильному барабані при температурі 800-850 °С протягом 40-45 хв до залишкової вологості 0,7-0,8%. Висушений каолін піддають тонкому помелу в центрифугальних млинах, а потім пропускають через повітряні сепаратори і циклони.

При сухому способі каолін-сирець проходитиме сушіння в сушильному барабані при температурі 800-850 °С протягом 40-45 хв до залишкової вологості 0,7-0,8%. Висушений

каолін піддають тонкому помелу в центрифугальних млинах, а потім пропускають через повітряні сепаратори та циклони. Фракції розміром менше 0,3 мм виносяться з млина повітряним потоком, більші частинки видаляються через розвантажувальний отвір. Тоніну помелу регулюють швидкістю повітряного потоку. Очищення повітряного потоку від дрібних частинок, що не вловлюються в сепараторах, проходить у рукавних, електричних фільтрах, електричних або пилоосаджувальних камерах.

Сухий спосіб збагачення каоліну забезпечує вилучення 80-82% цінних фракцій із сирого каоліну. Його використовують при збагаченні каолінів і глин, що містять крупнозернисті домішки.

Сухий спосіб збагачення каолінів простіше мокрого. Однак до недоліків цього способу слід віднести зниження якості каоліну за рахунок видалення з нього найціннішої тонкої фракції, яку не вдається вловити під час повітряної класифікації. В результаті цього знижується пластичність та сполучна здатність глинистих матеріалів [3, 4, 5]

Мета статті – проведення аналізу процесів збагачування білої глини, які використовуються для очистки олій, а також виявлення найбільш ефективних та енергоощадних способів отримання цих адсорбентів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Як основний об'єкт дослідження використовували білу глину (каолін) Волноваського родовища збагачену на виробничих потужностях ТОВ «ПРАДО» місто Кривий Ріг. В експерименті взяли природну, збагачену сухим і мокрим способом білу глину, а також каолін, що пройшов вторинне збагачення. У центрі метрології було проведено низку аналізів, результати яких представлені у табл. 1, табл. 2.

Таблиця 1 – Результати дослідження

Найменування показників	Природна	Сухе зб.	Вологе зб.	Подвійне вологе зб.
Білизна (коефіцієнт відбиття), %, не менше	65	84	90,5	92,3
Залишок, %, не більше				
на ситі з сіткою №02	0,01	0,001	0,0003	0,0028
на ситі з сіткою №009	0,86	0,25	0,01	0,009
Масова частка води, %, не більше	14	1	0,30	0,25
Концентрація водневих іонів водної витяжки (рН)	11	8±1	7,9	7,65
Втрата маси прожарюванні, не більше, %	38	13	4,5	4,3
Сума важких металів, %, не більше	0,012	0,0025	0,0020	0,0018

Таблиця 2 – Результати радіологічних випробувань

Найменування показників	Природні радіонукліди (ПРН)			
	Природна	Сухе зб.	Вологе зб.	Подвійне вологе зб.
Питома активність ПРН у зразку, Бк/кг				
Радій-226	<36,8	<28,0	<26,8	<26,0
Торій-232	<56,2	<47,5	<46,2	<45,4
Калій-40	<102,1	<83,4	<82,1	<81,7
Сумарна питома ефективна активність ПРН, Бк/кг, з похибкою, %	112,3 Бк/кг +/- 10%	95,3 Бк/кг +/- 10%	94,3 Бк/кг +/- 9%	93,4 Бк/кг +/- 9%

Адсорбційні характеристики досліджуваних глин вивчали шляхом побудови ізотерм адсорбції.

Для вивчення адсорбційних та термодинамічних характеристик на каоліні використовували модельні розчини нітрату кобальту. Використовуючи метод змінних концентрацій, у статичних умовах одержували ізотерми сорбції. Наважку каоліну 1 г заливали 50 мл розчинами нітрату кобальту концентраціями від 0,025 до 0,20 ммоль/мл. Після встановлення рівноваги визначали залишковий вміст Co^{2+} комплексометричним титруванням за методикою [8].

Статичну адсорбційну ємність каоліну обчислювали за формулою

$$\Gamma = \frac{C_0 - C_p}{m} V$$

де C_0 та C_p – вихідна та рівноважна концентрації іонів кадмію в розчині, ммоль/мл;

m – навішування каоліну, г;

V – об'єм розчину, мл.

Для обчислення основних термодинамічних параметрів адсорбції іонів Co^{2+} були побудовані ізотерми сорбції (рис. 1). Після аналізу отриманих експериментальним шляхом даних, можна зробити висновок, що адсорбційна ємність поглинання іонів кадмію збільшується зі зростанням вмісту їх у вихідному розчині. Концентрації Co^{2+} більшою мірою впливає в області низьких значень, де величина адсорбції прямо пропорційна концентрації Co^{2+} . Потім настає поступове насичення поверхні адсорбенту.

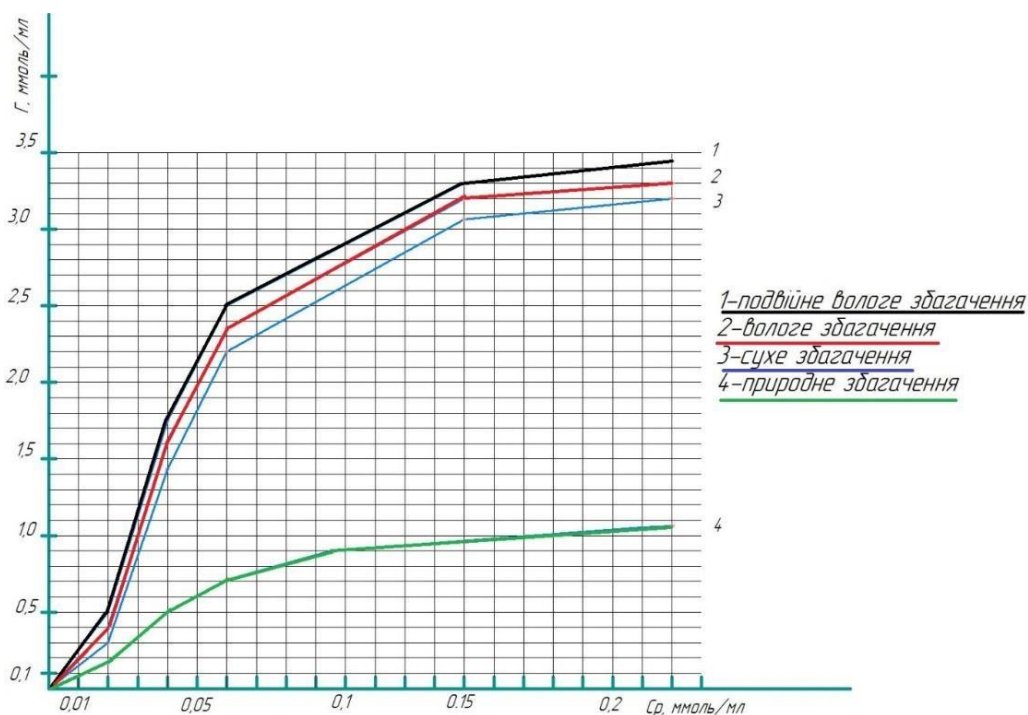


Рисунок 1 – Ізотерми сорбції

Найбільш поширеними методами визначення питомої поверхні є адсорбційні методи. Використовуючи їх, величину поверхні, що припадає на одиницю маси матеріалу, обчислюють за кількістю поглинутих цієї поверхнею речовин із розчину або газової фази. Вірний розрахунок питомої поверхні можливий, якщо відома будова адсорбційних верств [6, 7].

Відомі два типи адсорбції: мономолекулярна та полімолекулярна. У першому випадку речовина, що поглинається, розподіляється по поверхні адсорбенту, утворюючи шар, товщина якого не перевищує розмірів однієї молекули. Адсорбція другого типу призводить до утворення на поверхні розділу декількох шарів адсорбованої речовини.

Розрахунок питомої поверхні за даними мономолекулярної адсорбції досить простий. При цьому використовується формула

$$S_{\text{пит}} = m_{\infty} N_A S_0$$

де m_{∞} – максимально можливе число моль речовини, поглинене 1 г адсорбенту;

N_A – число Авогадро;

S_0 – площа, яку займає одна молекула адсорбованої речовини при максимальній упаковці молекул в адсорбційному шарі. Зазвичай величина S_0 наводиться у довідниках [8, 9].

Для знаходження величини m_{∞} використовують рівняння ізотерми мономолекулярної адсорбції, запропоноване Ленгмюр:

$$m = m_{\infty} \frac{bc}{1 + bc}$$

де m – кількість адсорбованої речовини при даній концентрації;

b – постійна.

Питома поверхня вихідних зразків глини та продуктів активації представлені у табл. 3.

Таблиця 3 – Питома поверхня вихідних зразків глини та продуктів активації

Зразок глини	Питома поверхня, м ² /г
Подвійне вологе збагачення	98
Мокре збагачення	91
Сухе збагачення	88
Сировина	16

Висновки. Таким чином, були проаналізовані сучасні технологічні процеси збагачування білої глини, яка потім використовується в якості адсорбента. Визначено, характеристики всіх чотирьох варіантів. Виявлено основні переваги та недоліки при їхньому виробництві.

Досліджено, що найкращі показники має зразок подвійного вологого збагачування. Але невеликий відсоток переваги сходиться нанівець при збільшених витратах при виробництві. Тому наша перевага надається саме вологому способу збагачення.

Список літератури

1. Ranskiy A. P., Khudoyarova O. S., Gordienko O. A., Titov T. S., Kryklyvyi R. D. Regeneration of sorbent mixture after the purification of recycled water in production of soft drinks. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2019. № 41 (5). P. 318–321.
2. Ракитська Т. Л., Кюск Т. О., Труба А. С., Роскола Л. А. Фізико-хімічні властивості природних сорбентів та металокомплексних каталізаторів на їх основі: навч. посіб. Одеса: ОНУ, 2018. 152 с.
3. Kozhemiak M. A., Gurova, O. O. (2019). Кінетичні характеристики процесу сорбції іонів лантану металургійним шлаком. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Хімія*. 2019. № 24 (4(72)). С. 52–62.

4. Zulfiqar M., Samsudin M. F. R., Sufian S. Modelling and optimization of photocatalytic degradation of phenol via TiO₂ nanopar-ticles: An insight into response surface methodology and artificial neural network. *Journal of Photochemistry and Photobiology: Chemistry*. 2019. V. 384. P. 112–116.
5. Bautista-Toledo M. I. Removal of the surfactant sodium dodecylbenzenesulfonate from water by processes based on adsorption/bioadsorption and biodegradation / M.I. Bautista-Toledo, J. Rivera-Utrilla, J.D. Mendez-Díaz, M. Sanchez-Polo, F. CarrascoMarín. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2014. V. 418. P. 113–119.
6. Dzyazko Yu. S. Composite cation-exchange resins containing zirconium hydrophosphate for purification of water from U(VI) cations / Yu. S. Dzyazko, O. V. Perlova, N. A. Perlova, Yu. M. Volkovich, V. E. Sosenkin, V. V. Trachevskii, V. F. Sazonova, A. V. Palchik. *Desalination and water treatment*. 2017. V. 69. P. 142–152.
7. Brycki B. The biodegradation of monomeric and dimeric alkylammonium surfactants. / B. Brycki, M. Waligorska, A. Szulc. *J. Hazard Mater.* 2014. V. 280. P. 797–815.
8. Samira Bendou, Moussa Amrani. Effect of Hydrochloric Acid on the Structural of Sodic Bentonite Clay. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2014. Vol. 2. P. 404–413.
9. Surendra B. S., Veerabhadraswamy M., Kendagannaswamy B. K., Nagaswarupa H. P., Prashanth S. C. Microwave assisted physico-chemical modification of Bentonite clay: characterization and photocatalytic activity. *J. Materialstoday: Proceedings*. 2017. Vol. 4. P. 127–136.

References

1. Ranskiy, A. P., Khudoyarova, O. S., Gordienko, O. A., Titov, T. S., Kryklyvyi, R. D. (2019). Regeneration of sorbent mixture after the purification of recycled water in production of soft drinks. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 41 (5), 318–321.
2. Rakitska, T. L., Kiosk, T. O., Truba, A. S., Roskola, L. A. Physicochemical properties of natural sorbents and metal complex catalysts based on them: Tutorial. Odesa: ONU, 2018. 152 p.
3. Kozhemiak, M. A., Gurova, O. O. (2019). Kinetic characteristics of the sorption process of lanthanum ions by metallurgical slag. *Bulletin of Odessa National University. Chemistry*, 24 (4 (72), 52–62.
4. Zulfiqar, M., Samsudin, M. F. R., Sufian, S. (2019). Modelling and optimization of photocatalytic degradation of phenol via TiO₂ nanopar-ticles: An insight into response surface methodology and artificial neural network. *Journal of Photochemistry and Photobiology: Chemistry*, 384, 112–116.
5. Bautista-Toledo, M. I. ets. (2014). Removal of the surfactant sodium dodecylbenzenesulfonate from water by processes based on adsorption/bioadsorption and biodegradation. *Journal of Colloid and Interface Science*, 418, 113– 119.
6. Dzyazko, Yu. S. ets. (2017). Composite cation-exchange resins containing zirconium hydrophosphate for purification of water from U(VI) cations. *Desalination and water treatment*, 69, 142– 152.
7. Brycki, B., Waligorska, M., Szulc, A. (2014). The biodegradation of monomeric and dimeric alkylammonium surfactants. *J. Hazard Mater.*, 280, 797–815.
8. Bendou, S., Amrani, M. (2014). Effect of Hydrochloric Acid on the Structural of Sodic Bentonite Clay. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 2, 404–413.
9. Surendra, B. S., Veerabhadraswamy, M., Kendagannaswamy, B. K., Nagaswarupa, H. P., Prashanth, S. C. (2017). Microwave assisted physico-chemical modification of Bentonite clay: characterization and photocatalytic activity. *J. Materialstoday: Proceedings*, 4, 127–136.

Objective. The purpose of the article is to analyze the processes and methods of enrichment of white clay (kaolin), which will then be used as a high-quality adsorbent for the purification of vegetable oils, as well as to identify the most effective result in all directions. In the future, determine the choice of the optimal enrichment technology in terms of optimizing the temporary costs of time, raw materials, related materials and energy efficiency while achieving the maximum desired effect.

Methods. Experimental and analytical research methods were used during the study of the enrichment processes of white clay (kaolin). A number of experiments were conducted, several chemical and physical analyzes of the extracted samples were obtained. The number of existing methods of enrichment of raw materials and the selection of the optimal technology for this purpose were analyzed. The work also provides recommendations on the appropriate use of both technologies and the resulting product.

Results. Aluminosilicate adsorbents (kaolin clays) for the purification of vegetable oils were chosen as the object of research. Several modern existing kaolin enrichment technologies were considered and the effect of each on increasing the specific surface of the obtained samples was shown, while taking into account material, energy costs and the cost of the final product. A high level of specific surface area is one of the main factors in adsorption processes. Adsorption characteristics of enriched clay forms were studied by constructing cobalt nitrate adsorption isotherms using the method of variable concentrations under static conditions. Laboratory studies of the obtained samples were carried out. The most optimal beneficiation technology that is efficient in terms of time, energy efficiency and product quality was then selected and recommended. It has been studied that the sample of double wet enrichment has the best indicators.

Keywords: kaolin, white clay adsorbent, aluminosilicate, double wet enrichment, adsorption characteristics, specific surface area, sorption isotherms, cobalt nitrates.

ЗМІСТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Сімакова О. О., Никифоров Р. П., Горяйнова Ю. А., Філіппова О. Ю., Роман В. П. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГОРОБИНИ ЗВИЧАЙНОЇ (SORBUS AUCUPARIA) У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	5
Наконечна А. С., Ковальчук С. С. ІМУНОМОДУЛЮЮЧІ СОУСИ З ШИПШИНИ	13

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Слащева А. В., Боднарук О. А., Переверзєв О. П. ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА ПЮРЕПОДІБНИХ ОВОЧЕВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ...	23
Горяйнова Ю. А., Сімакова О. О., Мороз В. О., Гусак Є. Р., Бальвас Д. Г. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПІСОЧНОГО ПЕЧИВА З ДОБАВКОЮ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ПЛОДІВ ЧОРНОПІДНОЇ ГОРОБИНИ	32

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Расчихмаров І. В. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОЦІНКИ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В КЕРУВАННІ ПРОЦЕСАМИ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА	41
Цвіркун Л. О., Омельченко О. В., Лісовий С. Р., Шилін А. С., Корінь К. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ БАНАНІВ	52

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Перекрест В. В., Омельченко О. В., Трунов В. Ю. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ АЛЮМОСЕЛКАТІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНОГО АДСОРБЕНТУ	60
--	----

CONTENTS

MODERN FOOD TECHNOLOGIES

Simakova O. O., Nykyforov R. P., Goriainova Iu. A., Filippova O. Iu., Roman V. P. PERSPECTIVES OF USING THE MOUNTAIN ASH (SORBUS AUCUPARIA) IN THE FOOD PRODUCTION.....	5
Nakonechna A. S., Kovalchuk S. S. IMMUNOMODULATORY ROSEHIP SAUCES.....	13

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

Slashcheva A. V., Bodnaruk O. A., Pereverzev O. P. QUALITY AND SAFETY OF SEMI-FINISHED VEGETABLE AND BERRY PURE	23
Goriainova Iu. A., Simakova O. O., Moroz V. O., Husak Y. R., Balvas D. G. COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SHORTCAKES WITH THE ADDITION OF AQUEOUS EXTRACT OF BLACK CHOKEBERRY	32

IMPROVEMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

Khorolskyi V. P., Korenets Yu. M., Raschekhmarov I. V. PROSPECTS FOR APPLICATION OF THE AUTOMATION METHOD ASSESSMENT OF ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS IN CONTROL OF BREAD PRODUCTION PROCESSES	41
Tsvirkun L. O., Omelchenko O. V., Lisovy S. R., Shilin A. S., Koryn K. O. RESEARCH AND OPTIMIZATION OF CONVECTION DRYING PROCESSES OF BANANAS.....	52

DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE HIGH-EFFICIENT FOOD INDUSTRY EQUIPMENT

Perekrest V. V., Omelchenko O. V., Trunov V. Yu. SELECTION OF TECHNOLOGY FOR ENRICHING ALUMINOSILICATES TO OBTAIN AN EFFECTIVE ADSORBENT	60
--	----

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Наукове видання

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Тематичний збірник наукових праць

№ 1 (48) 2024

Українською та англійською мовами

Підписано до друку 12.04.2024 р. Формат 60х84/8. Папір офсетний.
Гарнітура «Times New Roman». Друк — лазерний.
Ум. друк. арк. 2,6. Обл.-вид. арк. 2,76.
Наклад 50 прим.

Видавець Чернявський Д.О.
пр. 200-річчя Кривого Рогу, 17, (зуп. «Спаська»),
тел.: (067) 46-46-102
Свідоцтво ДК 3449 від 02.04.2009 р.

 oktanua  oktanua  oktanprint@ukr.net

 +38 (067) 46-46-102 

 oktanprint.com.ua; oktanshop.com; oktanprint.cz

ДРУКАРНЯ  ОКТАН-ПРИНТ