

Присвячено 40-річчю Проблемної науково-дослідної лабораторії  
Національного університету харчових технологій



---

---

2017

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 23 № 5

Частина 2

*Журнал*  
*«Наукові праці Національного університету харчових технологій»*  
*засновано в 1993 році*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2017

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences (Decree of MES of Ukraine # 241 from September 3, 2016), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

**Editorial office address:**

National University of  
Food Technologies  
Volodymyrska str., 68,  
building B, room 412  
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 5 of September, 2017

© NUFT, 2017

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68,  
корпус Б, к. 412,  
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 5 від 5 вересня 2017 року

© НУХТ, 2017

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

**Головний редактор**

**Editor-in-Chief**

**Анатолій Українець**

**Anatoliy Ukrainets**

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Заступник головного редактора**

**Deputy chief editor**

**Олександр Шевченко**

**Olexander Shevchenko**

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Відповідальний секретар**

**Accountable secretary**

**Юрій Пенчук**

**Yuriy Penchuk**

канд. техн. наук, доц., Україна

Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

## Члени редакційної колегії:

**Анатолій Зайнчковський**

**Anatoly Zainchkovskiy**

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Анатолій Король**

**Anatoly Korol**

д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Анатолій Ладанюк**

**Anatoly Ladanyuk**

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Анатолій Сайганов**

**Anatoly Sayganov**

д-р екон. наук, проф., Білорусь

Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus

**Анжей Ковальський**

**Anzhey Kowalski**

д-р екон. наук, проф., Польща

Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics, Poland

**Анетта Зелінська**

**Anetta Zielinska**

д-р екон. наук, проф., Польща

Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University of Economics, Poland

**Брайан Мак Кенна**

**Brian McKenna**

д-р техн. наук, проф., Ірландія

Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

**Віктор Доценко**

**Victor Dotsenko**

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Віра Оболкіна**

**Vera Obolkina**

д-р техн. наук, Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Віктор Ємцев**

**Viktor Yemtsev**

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

**Володимир Зав'ялов**

**Vladimir Zavialov**

д-р техн. наук, Україна

Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine

<b>Галина Чередниченко</b> <b>Galina Cherednichenko</b>	канд. педагог. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Герхард Шльонінг</b> <b>Gerhard Schleining</b>	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
<b>Дайва Лескаускайте</b> <b>Daiva Leskauskaite</b>	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
<b>Єлизавета Костенко</b> <b>Jelyzaveta Kostenko</b>	д-р хім. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Єлизавета Смірнова</b> <b>Jelyzaveta Smirnova</b>	канд. філол. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Іван Малезжик</b> <b>Ivan Malezhuk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Кристина Сильва</b> <b>Cristina L.M.Silva</b>	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
<b>Лариса Арсенєвса</b> <b>Larisa Arsenyeva</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Леонід Дегтярєв</b> <b>Leonid Dehtiarov</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Микола Прядко</b> <b>Mykola Pryadko</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Михайло Мартиненко</b> <b>Michail Martynenko</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Наталія Гусятинська</b> <b>Natalia Gusyatyńska</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Бутнік-Сіверський</b> <b>Oleksandr Butnik-Siverskyi</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Перепелиця</b> <b>Oleksandr Perepelitsa</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олег Полумбрік</b> <b>Oleh Polumbryk</b>	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Паола Піттія</b> <b>Paola Pittia</b>	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
<b>Петро Шиян</b> <b>Petro Shyian</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Саверіо Манніно</b> <b>Saverio Mannino</b>	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy
<b>Хууб Лелієвельд</b> <b>Huub Lelieveld</b>	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

## ЗМІСТ

### Біотехнологія і мікробіологія

*Пирог Т.П., Никитюк Л.В., Сидор І., Палійчук О.І., Петренко Н.В.* Антимікробна активність поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* IMV B-7241, *R. erythropolis* IMV Ac-5017 і *N. vacciniі* IMV B-7405 на промислових відходах

### Економіка і соціальний розвиток

*Арич М.І., Шірінян Л.В.* Дослідження конкурентоспроможності страхового ринку України: географічний аналіз

**Процеси і апарати харчових виробництв**  
*Степанець О.І., Пригодій Д.В., Ткачук Н.А.* Динаміка і енергетична рекуперация в технологічних машинах

*Маяк О.А., Сардаров А.М.* Дослідження впливу режимів сушіння вібраційної вакуумної сушарки на колориметричні показники рослинної сировини

*Бабанов І.Г., Бабанова О.І., Бесєда С.Д., Шевченко А.О.* Дослідження з метою вдосконалення камери для теплового оброблення ковбасних виробів

*Якимчук М.В., Гавва О.М.* Методологічні засади створення функціональних кластерів мехатронних модулів пакувального обладнання

*Українець А.І., Шиян П.Л., Булій Ю.В., Куц А.М.* Інноваційна технологія ректифікації в режимі роздільного руху фаз

*Сукманов В.О., Зав'ялов В.Л., Маринін А.І.* Дослідження процесу екстрагування виннокислих сполук із виноградних вичавок субкритичною водою

### Тепло- і енергопостачання

*Шестеренко В.Є., Изволенький І.Є.* Оптимізація системи компенсації реактивної потужності цукрового заводу

*Балута С.М., Копилова Л.О., Литвин І.Ю.* Системний аналіз і підходи до побудови автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства

### Харчові технології

*Кузьмик У.Г., Ющенко Н.М., Пасічний В.М., Миколів І.М.* Визначення вмісту біологічно активних речовин у розроблених композиціях прянощів

*Сімахіна Г.О., Науменко Н.В.* Функціональні зміни в організмі людини в екстремальних умовах та їх біокоректування компонентами харчових продуктів

*Суходольська Н.П., Іщенко В.М., Кочубей-Литвиненко О.В.* Пошуки маркерів де-

## CONTENTS

### Biotechnology and Microbiology

8 *Pirog T., Nikitiuk L., Sidor I., Paliichuk O., Petrenko N.* Antimicrobial activity of surfactants synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241, *R. erythropolis* IMV Ac-5017 and *N. vacciniі* IMV B-7405 on industrial waste

### Enterprise Economy and Social Development

17 *Arych M., Shirinyan L.* Investigation of the Competitiveness of the Ukrainian Insurance Market: Geographic Analysis

### Processes and Equipment for Food Industries

26 *Stepanets O., Pryhodii D., Tkachuk N.* Dynamics and energy recuperation in technological machines

33 *Mayak O., Sardarov A.* Investigation of the effects of drying modes of vibrating vacuum dryer on colorimetric indicators of plant raw materials

40 *Babanov I., Babanova O., Beseda S., Shevchenko A.* Improving the chamber for thermal treatment of sausage products

47 *Iakymchuk M., Gavva O.* Methodological basics of creation of mechatronic modules' functional clusters of packing equipment

55 *Ukrainets A., Shiyani P., Buliy Y., Kuts A.* Innovation technology of rectification in the fashion phase mode movement

63 *Sukmanov V., Zavalov V., Marynin A.* Research of extraction process wine-acids compounds from grape pomace of subcritical water environment

### Heat and Electricity

75 *Shesterenko V., Izvolenskiy I.* Optimization of the compensation system of the reactive power of the sugar plant

83 *Baluta S., Kopilova L., Litvin I.* System analysis and approaches to the construction of the automated electricity management system and electrical supply of the industrial enterprise

### Food Technology

90 *Kuzmyk U., Yushchenko N., Pasichnyi V., Mukoliv I.* Determining the content of biological active substances in the developed compositions of spices

94 *Simakhina G., Naumenko N.* Functional changes in human organism within extreme conditions and their biological correction with foodstuff components

103 *Sukhodol'sha N., Ischenko V., Kochubei-Lytvynenko O.* Search for the detection markers of

тектування фальсифікатів питних видів молока поєднанням аналітичних і хеометричних методів

*Лісовська Т.О., Деркач А.В., Стадник І.Я.* Вивчення можливості використання екструдованого кукурудзяного борошна в технології борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення

*Шульга О.С., Чорна А.І.* Декстрини Шардингера як сировина для їстівних плівок і покриттів

*Божко Н.В., Тищенко В.І., Пасічний В.М., Мороз О.О.* Розробка рецептур варено-копчених ковбас з м'ясом качки мускусної

*Пивоваров Є.П., Неклеса О.П., Степанькова Г.В., Коротаєва Є.О., Тютюкова Д.О., Діхтярь А.М., Мряченко Н.В.* Наукові основи технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення, одержаної шляхом акумуляції функціональних інгредієнтів

*Гончаренко Т.Ю., Топчий О.А., Кишенько І.І.* Дослідження ефективності різних способів підготовки рослинної сировини у рецептурі посічених напівфабрикатів

*Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Балабай К.С., Погарський О.С., Стуконоженко Т.А., Какадій Ю.П.* Вплив механолізу на активацію важкорозчинних наноконкомплексів гетерополісахаридів при розробці нанотехнологій рослинних добавок

*Білько М.В.* Обґрунтування методу шампанізації при виробництві сортових ігристих рожевих вин

*Притулська Н.В., Карпенко П.О., Кравченко М.Ф., Гніцевич В.А., Федорова Д.В., Юдіна Т.І.* Науково-практичні аспекти розроблення харчових продуктів для військово-вслужбовців

*Іоргачева К.Г., Леbedенко Т.Є., Кожевникова В.О., Соколова Н.Ю.* Фітоекстракти у вирішенні проблем і завдань хлібопечення

*Жигунов Д.О., Соц С.М., Кустов І.О.* Особливості використання голозерного вівса та голозерного ячменю при розробці нових високоякісних продуктів харчування на зерновій основі

*Махынко В.М.* Номограф для визначення добової потреби людини в енергії та білку

*Пешук Л.В., Заболотня О.О., Іванова Т.М.* Фізико-хімічні показники м'яса птиці механічного обвалювання, промитого різними органічними кислотами

*Фролова Н.Е., Українець А.І., Силка І.М., Науменко К.А., Чепель Н.В.* Актуальність і

drinking milk falsifiers using combined analytical and chemometric methods

108 *Lisovska T., Derkach A., Stadnik I.* Studying the possibility of using the extruded corn meal in the technology of recreational products

116 *Shulga O., Chorna A.* Schardinger dextrins as raw materials for edible films and coatings

125 *Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Moroz O.* Developing the formulas of boiled-smoked sausages containing muscovy duck meat

131 *Pivovarov Y., Neklesa O., Stepankova G., Korotayeva Y., Tyutyukova D., Dichyar A., Mriachenko N.* Scientific bases of the technologies of health-promoting food products prepared using the accumulation of functional ingredients

142 *Goncharenko T., Topchiiy O., Kyshenko I.* Research of the efficiency of different methods of vegetable raw material preparation in the recipes of minced semi-finished products

149 *Pavlyuk R., Pogarskaya V., Balabai K., Pogarskiy O., Stukonozhenko T., Kakadiy J.* The effect of mechanolysis on activation of hardly soluble nanocomplexes of hetero-polysaccharides during the development of nanotechnologies of herbal additives

162 *Bilko M.* Substantiation of the method of champanization in the production of varietal rosé sparkling wines

169 *Pritulskaya N., Karpenko P., Kravchenko M., Gnitsevich V., Fedorova D., Yudina T.* Scientific and practical aspects of development of food products for military personnel

186 *Iorgacheva K., Lebedenko T., Kozhevnikova V., Sokolova N.* Using phyto-extracts for solving baking industry issues

199 *Zhygunov D., Sots S., Kustov I.* Features of using naked grain oats and hullless barley for developing new high quality grain based food

207 *Makhynko V.* Nomograph for determining daily human energy and protein requirements

212 *Peshuk L., Zabolotnya O., Ivanova T.* Physico-chemical properties of mechanically deboned poultry meat washed with various organic acids

220 *Frolova N., Ukrainets A., Sylka I., Naumenko K., Chepel N.* Actuality and ways of processing

- шляхи перероблення вітчизняної ефіро-  
олійної сировини в харчові ароматизатори  
*Кузьмін О.В., Суйков С.Ю.* Встановлення  
релаксації у водно-спиртових системах у  
процесі електрохімічної активації питної  
води
- 229 *Kuzmin O., Sujkov S.* Developing relaxation in  
aqueous-alcoholic systems under electroche-  
mical activation of drinking water
- Білик О.А.* Розробка комплексних хлібо-  
пекарських поліпшувачів для хлібобулочних  
виробів подовженого терміну зберігання
- 239 *Bilyk O.* Development of complex bakery  
improving agents for bakery products of  
extended shelf life

**ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SURFACTANTS  
SYNTHESIZED BY *A. CALCOACETICUS* IMV B-7241,  
*R. ERYTHROPOLIS* IMV AC-5017 AND *N. VACCINII* IMV  
B-7405 ON INDUSTRIAL WASTE**

T. Pirog, L. Nikitiuk, I. Sidor, O. Paliichuk, N. Petrenko  
*National University of Food Technologies*

**Key words:**

*Microbial surfactants*  
*Biodiesel production*  
*waste*  
*Fried oil*  
*Minimum inhibitory*  
*concentration*

**Article history:**

Received 06.09.2017  
Received in revised form  
24.09.2017  
Accepted 18.10.2017

**Corresponding author:**

T. Pirog  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

In the article the antimicrobial activity of surfactants synthesized by *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on fried sunflower oil and technical glycerol (waste of biodiesel production) was studied. It was established that replacement of purified glycerol for technical one (2%) in the medium of *N. vaccinii* IMV B-7405 cultivation as well as the replacement of refined oil for waste oil after frying potatoes (2%) was not accompanied by the significant decrease of antimicrobial activity of the synthesized surfactants. The minimum inhibitory concentrations (MIC) against some bacteria and yeast surfactants synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 on waste of biodiesel production were 2—8 times higher than MIC surfactants obtained on the purified substrate, however these values (MIC 0.96—15.2 µg/ml) are comparable with those established for the world-known microbial surfactants. An increase in the concentration of fried oil to 4—5% in cultivation media of *N. vaccinii* IMV B-7405 and *A. calcoaceticus* IMV B-7241 resulted in the synthesis of surfactants with low antimicrobial activity (MIC > 400—1300 µg/ml), while the surfactants synthesized by *R. erythropolis* IMV Ac-5017 under similar conditions exhibited a sufficiently high antimicrobial activity (MIC against *Escherichia coli* IEM-1 15—80 µg/ml). The possibility of using environmentally-friendly surface-active substances with low antimicrobial activity, which will not cause negative influence on natural microorganisms-destructors, is discussed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-3

**АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ  
РЕЧОВИН, СИНТЕЗОВАНИХ *A. CALCOACETICUS* ІМВ  
B-7241, *R. ERYTHROPOLIS* ІМВ AC-5017 І *N. VACCINII*  
ІМВ B-7405 НА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДАХ**

Т.П. Пирог, Л.В. Никитюк, І. Сидор, О.І. Палійчук, Н.В. Петренко  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті досліджено антимікробну активність поверхнево-активних речовин (ПАР), синтезованих Acinetobacter calcoaceticus ІМВ B-7241, Rhodococcus erythropolis ІМВ AC-5017 та Nocardia vaccinii ІМВ B-7405 на промислових відходах.*



*dococcus erythropolis* IMB Ac-5017 і *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на відпрацьованій соняшниковій олії й технічному гліцерині (відходи виробництва біодизелю). Встановлено, що заміна у середовищі вирощування *N. vaccinii* IMB B-7405 очищеного гліцерину на технічний (2%), а також рафінованої олії на відпрацьовану після смаження картоплі фри (2%) не супроводжувалася суттєвим зниженням антимікробної активності синтезованих ПАР. Мінімальні інгібуючі концентрації (МІК) щодо деяких бактерій і дріжджів ПАР, синтезованих *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на відходах виробництва біодизелю, були у 2—8 разів вищими, ніж МІК ПАР, одержаних на очищеному субстраті, проте ці показники (МІК 0,96—15,2 мкг/мл) є порівнянними з встановленими для відомих у світі мікробних ПАР. Підвищення до 4—5% концентрації відпрацьованої олії у середовищах культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 і *A. calcoaceticus* IMB B-7241 призводило до синтезу ПАР з невисокою антимікробною активністю (МІК > 400—1300 мкг/мл), у той час як синтезовані в аналогічних умовах ПАР *R. erythropolis* IMB Ac-5017 проявляли достатньо високу антимікробну активність (МІК щодо *Escherichia coli* IEM-1 15—80 мкг/мл). Проаналізовано можливість використання у природоохоронних поверхнево-активних речовин з низькою антимікробною активністю, які не спричинятимуть негативного впливу на природні мікроорганізми-деструктори.

**Ключові слова:** мікробні поверхнево-активні речовини, відходи виробництва біодизелю, відпрацьована олія, мінімальна інгібуюча концентрація.

**Постановка проблеми.** Мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР) є препаратами мультифункціонального призначення, оскільки, крім поверхнево-активних та емульгувальних властивостей, їм притаманна антимікробна та антиадгезивна дія (у тому числі й здатність до руйнування біоплівки) [1—3]. Інтерес до ПАР мікробного походження як антимікробних агентів зумовлений підвищенням резистентності патогенних мікроорганізмів до антибіотиків і відомих біоцидів [2].

Проте висока антимікробна активність мікробних ПАР може стати суттєвою перешкодою для їх застосування у природоохоронних технологіях. Це зумовлено тим, що основним механізмом дії поверхнево-активних речовин в очищенні довкілля від нафтових забруднень є активація природної нафтоокиснювальної мікробіоти в результаті солюбілізації вуглеводнів нафти і полегшення їх транспорту у клітини [4]. Так, наприклад, у деяких випадках за високої концентрації ПАР можуть знижувати швидкість процесу очищення, негативно впливаючи на мікроорганізми-деструктори. Whang із співавт. [5] зазначають, що сурфактин у концентрації 40 мг/л негативно впливав на ремедіацію ґрунтів від дизельного палива, а за концентрації 400 мг/л повністю її інгібував. Зазначимо, що в літературі відсутні дані щодо кореляції антимікробної активності ПАР та їх ролі у деструкції нафтових забруднень.

У попередніх дослідженнях [6; 7] встановлено антимікробну дію поверхнево-активних речовин, синтезованих *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 і *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на

традиційних субстратах, а також можливість використання цих ПАР для деструкції нафтових забруднень у воді та ґрунті, у тому числі й за наявності важких токсичних металів [4]. У [8] показано можливість синтезу ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на промислових відходах (пересмаженій соняшниковій олії й технічному гліцерині — відходах виробництва біодизелю).

Проте наявність у складі промислових відходів токсичних компонентів може негативно впливати на якість синтезованих цільових продуктів, зокрема на їхні біологічні властивості. Не виключено, що синтезовані на таких токсичних субстратах поверхнево-активні речовини будуть проявляти низьку антимікробну активність, що, у свою чергу, робить такі ПАР перспективними для використання у природоохоронних технологіях.

**Мета статті:** дослідити антимікробні властивості поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241, *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *N. vaccinii* ІМВ В-7405, синтезованих на токсичних промислових відходах.

**Матеріали і методи.** Об'єкти дослідження — ізольовані із забруднених нафтою зразків ґрунту штами нафтоокиснювальних бактерій, ідентифіковані як *R. erythropolis* ЕК-1, *A. calcoaceticus* К-4 та *N. vaccinii* К-8 і зареєстровані у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України за номерами ІМВ Ас-5017, ІМВ В-7241 та ІМВ В-7405, відповідно.

*R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 вирощували у рідкому середовищі (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 1,3—2,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{NaCl}$  — 1,0;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — 0,6;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,14;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001, рН 6,8—7,0. Як субстрат використовували рафіновану і відпрацьовану після смаження м'яса, картоплі фрі і картоплі селянської соняшникову олію (мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's, Київ) у концентрації 4% (об'ємна частка).

Для культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 використовували середовище такого складу (г/л):  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  — 0,35—1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{NaCl}$  — 1,0;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — 0,6;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,14, рН 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1 (об'ємна частка). Джерело вуглецю — очищений і технічний гліцерин (Комсомольський біопаливний завод, Полтавська обл.) у концентрації 3 та 5% відповідно (об'ємна частка). Концентрації обох субстратів еквімолярні за вуглицем. Як субстрати використовували також рафіновану і відпрацьовану після смаження м'яса, картоплі фрі і картоплі селянської соняшникову олію у концентрації 4% (об'ємна частка).

Штам *N. vaccinii* ІМВ В-7405 вирощували у середовищі, що містило (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 0,5—1,25;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001; дріжджовий автолізат — 0,5% (об'ємна частка). Джерело вуглецю та енергії — очищений гліцерин і технічний гліцерин у концентрації 2 (об'ємна частка), а також відпрацьована після смаження м'яса, картоплі фрі і картоплі селянської соняшникова олія в концентрації 2—5% (об'ємна частка).

Як інокулят використовували культури в експоненційній фазі росту, вирощені на відповідних рідких середовищах, що містили 0,5—1% (об'ємна

частка) субстрату. Кількість посівного матеріалу ( $10^4$ — $10^5$  кл/мл) становила 5—10% від об'єму поживного середовища. Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 28—30° С упродовж 120 год.

У дослідженнях використовували поверхнево-активні речовини у вигляді розчину ПАР, екстрагованих з супернатанту сумішню Фолча (хлороформ і метанол, 2:1) як описано у наших попередніх роботах [6—8].

Як тест-культури використовували бактерії *Escherichia coli* ІЕМ-1, *Bacillus subtilis* БТ-2, *Proteus vulgaris* ПА-12, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Pseudomonas* sp. МІ-2, *Enterobacter cloacae* С-8, *Erwinia aroideae* Н-3; дріжджі *Candida albicans* Д-6, *Candida tropicalis* РЕ-2, *Candida utilis* ЕІ-8; і мікроміцети *Aspergillus niger* Р-3, *Fusarium culmorum* Т-7 з колекції мікроорганізмів кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Антимікробні властивості поверхнево-активних речовин аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Визначення МІК здійснювали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ) для бактерій і рідкому суслі для дріжджів і грибів. У стерильних умовах у 10 пробірок вносили по 1 мл МПБ (рідкого суслу), у першу додавали 1 мл розчину ПАР певної концентрації, після чого перемішували, відбирали 1 мл і переносили у наступну пробірку. Аналогічно проводили розведення для наступних дев'яти пробірок. З останньої пробірки відбирали 1 мл. Таким чином, кінцевий об'єм у кожній пробірці становив 1 мл (МПБ чи рідке сусло і розчин ПАР), а концентрація ПАР у кожній наступній пробірці знижувалася у 2 рази. Як контроль використовували 1 мл МПБ (рідкого суслу) без додавання розчину ПАР. Далі у кожну з пробірок вносили по 0,1 мл суспензії тест-культур ( $10^5$ — $10^6$  КУО/мл), та перемішували. Пробірки інкубували впродовж 24 год при 28—30° С.

Результати оцінювали візуально за помутнінням середовища: (+) — пробірки, в яких спостерігали помутніння середовища (ріст тест-культури), (–) — помутніння не було (ріст відсутній). Мінімальну інгібуючу концентрацію розчину ПАР визначали як концентрацію ПАР в першій пробірці, де ріст був відсутній.

Усі досліди проводили в трьох повторностях, кількість паралельних визначень в експериментах становило від 3 до 5. Статистичну обробку експериментальних даних проводили, як описано раніше [6—8]. Відмінності середніх показників вважали достовірними при рівні значущості  $p < 0,05$ .

**Результати і обговорення.** У табл. 1 наведено дані щодо антимікробної активності поверхнево-активних речовин, синтезованих штамом ІМВ В-7241 на очищеному й технічному гліцерині. Мінімальна інгібуюча концентрація щодо бактеріальних і дріжджових тест-культур розчинів ПАР, синтезованих на технічному гліцерині, була у 2—8 разів вищою порівняно з МІК, встановленими для поверхнево-активних речовин, одержаних на очищеному субстраті. Суттєвішою була різниця у показниках мінімальних інгібуючих концентрацій цих ПАР щодо грибів: МІК поверхнево-активних речовин, синтезованих на відходах виробництва біодизелю, була більш ніж у 60 разів вищою, ніж ПАР, утворених на очищеному гліцерині.

**Таблиця 1. Мінімальна інгібуюча концентрація поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на очищеному і технічному гліцерині**

Мікроорганізми	Назва	МІК (мкг/мл) ПАР, синтезованих на гліцерині	
		очищеному	технічному
Бактерії	<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	0,24	0,96
	<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2 (спори)	3,8	15,2
	<i>Enterobacter cloacae</i> С-8	0,48	3,8
	<i>Escherichia coli</i> ІЕМ-1	0,96	3,8
	<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	3,8	7,6
Дріжджі	<i>Candida albicans</i> Д-6	1,9	15,2
	<i>Candida tropicalis</i> РЕ-2	3,8	7,6
	<i>Candida utilis</i> ЕІ-8	1,9	7,6
Мікроміцети	<i>Aspergillus niger</i> Р-3	0,06	3,8
	<i>Fusarium culmorum</i> Т-7	0,03	1,9

**Примітки:** під час визначення мінімальної інгібуючої концентрації похибка не перевищувала 5%. Концентрації очищеного (3%) і технічного (5%) гліцерину еквімолярні за вуглецем.

Разом з тим зазначимо, що, незважаючи на нижчі у кілька разів значення мінімальної інгібуючої концентрації ПАР, синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на відходах виробництва біодизелю порівняно з МІК ПАР, одержаних на очищеному гліцерині (табл. 1), ці показники (0,96—15,2 мкг/мл) є досить низькими і свідчать про досить високу антимікробну активність препаратів, порівняну навіть з активністю мікробних ліпопептидів — найактивніших антимікробних агентів серед поверхнево-активних речовин мікробного походження [2; 9].

Дані, наведені у табл. 2, засвідчують, що мінімальні інгібуючі концентрації щодо досліджуваних тест-культур ПАР, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на технічному гліцерині (15—121 мкг/мл), дуже близькі до МІК поверхнево-активних речовин, одержаних на очищеному субстраті (22—180 мкг/мл).

**Таблиця 2. Антимікробна активність ПАР, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на промислових відходах**

Тест-культура	МІК (мкг/мл) ПАР, синтезованих на		
	технічному гліцерині	відпрацьованій олії після смаження	
		м'яса	картоплі фрі
1	2	3	4
<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	15	71	22
<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2 (спори)	15	142	44
<i>Escherichia coli</i> ІЕМ-1	121	35	22
<i>Pseudomonas</i> sp. МІ-2	121	142	88
<i>Staphylococcus aureus</i> БМС-1	15	284	88
<i>Proteus vulgaris</i> ПА-12	60	71	88
<i>Erwinia aroideae</i> Н-3	60	142	44

1	2	3	4
<i>Enterobacter cloacae</i> C-8	121	142	176
<i>Candida albicans</i> Д-6	15	71	44
<i>Candida tropicalis</i> PE-2	30	284	128

**Примітки:** при визначенні МІК похибка не перевищувала 5%. Концентрація технічного гліцерину та відпрацьованої олії у середовищі культивування штаму ІМВ В-7405 становила 2%. МІК щодо досліджуваних тест-культур ПАР, синтезованих на очищеному гліцерині і рафінованій олії становила 22—180 і 20—130 мкг/мл відповідно.

Аналогічні результати одержано під час дослідження антимікробної активності ПАР, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на рафінованій і відпрацьованій після смаження картоплі фрі соняшниковій олії: МІК щодо бактерій (за винятком *E. cloacae* C-8) і дріжджів роду *Candida* були практично однаковими і становили 22—128 і 20—130 мкг/мл відповідно (табл. 2). У той же час ПАР, утворені на відпрацьованій після смаження м'яса олії, характеризувалися нижчою в 1,6—3,2 рази антимікробною активністю (МІК щодо більшості тест-культур 71—284 мкг/мл) порівняно з поверхнево-активними речовинам, синтезованими на рафінованій і відпрацьованій після смаження картоплі фрі олії.

З літератури [10] відомо, що у процесі смаження в олії відбуваються хімічні реакції окиснення, гідролізу, ізомеризації та полімеризації, в результаті яких утворюються вільні жирні кислоти, низькомолекулярні спирти, альдегіди, кетони, лактони, вуглеводні, моно- та дигліцериди, трансізомери тощо. Після використання олія змінює свій склад, що залежить від типу приготовленої страви, способу смаження та кратності використання олії. Цілком імовірно, що утворювані під час смаження м'яса сполуки є потенційними інгібіторами синтезу певних компонентів комплексу ПАР, відповідальних за антимікробну активність цільового продукту.

Крім того, дані, наведені у табл. 1 і 2, показують, що ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 є значно ефективнішими антимікробними агентами, ніж поверхнево-активні речовини *N. vaccinii* ІМВ В-7405.

Наступні експерименти показали, що збільшення до 4—5% концентрації відпрацьованої соняшникової олії різної якості у середовищі культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 супроводжувалося синтезом ПАР, що характеризувалися надзвичайно низькою антимікробною активністю: МІК щодо *Pseudomonas* sp. МІ-2 і спор *B. subtilis* ВТ-2 становила > 400—1300 мкг/мл (табл. 3). Зазначимо, що у цих дослідженнях одночасно з підвищенням концентрації джерела вуглецю у середовищі збільшували і вміст джерела азоту для підтримання співвідношення вуглець/азот на оптимальному для синтезу ПАР рівні.

Разом з тим у разі підвищення концентрації рафінованої олії у середовищі вирощування штаму ІМВ В-7405 до 4% синтезувалися ПАР, антимікробна активність яких не відрізнялася від такої поверхнево-активних речовин, одержаних на середовищі з нижчим (2%) вмістом цього субстрату (МІК обох ПАР щодо бактерій 14—29 мкг/мл) (табл. 3). Ці дані підтверджують зроблений нами висновок про наявність у складі відпрацьованої олії інгібіторів

синтезу складових поверхнево-активних речовин, відповідальних за антимікробні властивості комплексу ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405.

**Таблиця 3. Вплив концентрації олії та джерела азоту в середовищі культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на антимікробну активність синтезованих ПАР**

Олія як субстрат	Концентрація у середовищі		МІК (мкг/мл) щодо	
	олії, %	нітрату натрію, г/л	<i>Pseudomonas</i> sp. МІ-2	<i>Bacillus subtilis</i> ВТ-2 (спори)
Рафінована	2	0,5*	25	25
	4	0,5*	28	28
		0,75	29	29
		1,0	14	28
Відпрацьована після смаження м'яса	2	0,5*	142	142
	4	0,75	> 400	> 400
Відпрацьована після смаження картоплі «фрі»	2	0,5*	88	44
	4	0,75	> 400	> 400
	5	1,25	> 600	> 600
Відпрацьована після смаження картоплі селянської	4	0,75	140	280
		1,0	> 500	> 500
	5	1,25	> 1300	> 1300

**Примітка:** під час визначення мінімальної інгібуючої концентрації похибка не перевищувала 5%; \* — концентрація нітрату натрію у базовому (вихідному) середовищі.

Такі ж самі, як і для ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405, результати було отримано під час визначення МІК поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на середовищі з 4% відпрацьованої олії: мінімальні інгібуючі концентрації щодо *E. coli* ІЕМ-1 таких ПАР перебували у межах 500—850 мкг/мл, у той час як МІК препарату, утвореного на середовищі з аналогічною концентрацією рафінованої олії була на порядки нижчою (16 мкг/мл, табл. 4).

**Таблиця 4. Антимікробна щодо *E. coli* ІЕМ-1 активність ПАР, синтезованих *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 і *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на рафінованій і відпрацьованій олії (4%)**

Продуцент ПАР	Олія як субстрат	Концентрація азоту у середовищі, г/л	МІК (мкг/мл)
1	2	3	4
<i>R. erythropolis</i> ІМВ Ас-5017	Рафінована	1,3*	21
	Відпрацьована після смаження м'яса	1,3	50
		2,0	18
	Відпрацьована після смаження картоплі фрі	1,3	83
		2,0	12
Відпрацьована після смаження картоплі селянської	1,3	80	
	2,0	20	
<i>A. calcoaceticus</i> ІМВ В-7241	Рафінована	0,7**	16
	Відпрацьована після смаження м'яса	0,7	> 850
		1,0	> 670

1	2	3	4
<i>A. calcoaceticus</i> IMB B-7241	Відпрацьована після смаження картоплі фри	0,7	> 500
		1,0	> 500
	Відпрацьована після смаження картоплі селянської	0,7	> 700
		1,0	> 600

**Примітки:** під час визначення мінімальної інгібуючої концентрації похибка не перевищувала 5%; \* — концентрація нітрату натрію у базовому (вихідному) середовищі культивування штаму IMB Ac-5017; \*\* — концентрація сечовини у базовому (вихідному) середовищі культивування штаму IMB B-7241.

Інші закономірності встановлено у процесі аналізу антимікробної активності поверхнево-активних речовин, синтезованих за умов росту *R. erythropolis* IMB Ac-5017 у середовищі з 4% олієвмісних субстратів. Незалежно від типу соняшникової олії (рафінована чи відпрацьована різної якості) у середовищі культивування штаму IMB Ac-5017 синтезовані ПАР характеризувалися практично однаковою антимікробною активністю (МІК щодо *E. coli* IEM-1 становили 20—80 мкг/мл (табл. 4).

Наступні експерименти показали, що у разі подальшого підвищення (до 5—6%) концентрації відпрацьованої олії у середовищі вирощування *R. erythropolis* IMB Ac-5017 антимікробна активність синтезованих ПАР суттєво знижувалася (до 500—700 мкг/мл).

### **Висновок**

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено умови культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *R. erythropolis* IMB Ac-5017 і *N. vaccinii* IMB B-7405, що забезпечують синтез ПАР з низькою антимікробною активністю, які є перспективними для очищення довкілля від ксенобіотиків, оскільки вони не спричинятимуть негативного впливу на природні мікроорганізми-деструктори. Для використання в природоохоронних технологіях доцільно використовувати ПАР, синтезовані штамми IMB B-7241, IMB Ac-5017 і IMB B-7405 на середовищах, в яких концентрація відпрацьованої соняшникової олії будь-якої якості є не нижчою за 4—5%.

### **Література**

1. Santos D.K., Rufino R.D., Luna J.M., Santos V.A., Sarubbo L.A. Biosurfactants: multi-functional biomolecules of the 21st century. *Int. J. Mol. Sci.* 2016, 17(3). doi: 10.3390/ijms17030401.
2. Cochrane S.A., Vederas J.C. Lipopeptides from *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: a gold mine of antibiotic candidates. *Med. Res. Rev.* 2016, 36(1), 4—31. doi 10.1002/med.21321.
3. Pirog T.P., Savenko I.V., Lutsay D. A. Microbial surface-active substances as antiadhesive agents. *Biotechnologia acta.* 2016, 9(3), 7—22. doi: org/10.15407/biotech9.03.007.
4. Pirog T. P., Konon A. D., Savenko I. V. Microbial surfactants in environmental technologies. *Biotechnologia acta.* 2015, 8(4), 21—39. doi: 10.15407/biotech8.04.021.
5. Whang L.M., Liu P.W., Ma C.C., Cheng S.S. Application of biosurfactants, rhamnolipid, and surfactin, for enhanced biodegradation of diesel-contaminated water and soil. *J. Hazard. Mater.* 2008, 151(1), 155—163.

6. Pirog T.P., Konon A.D., Sofilkanich A.P., Iutinskaia G.A. Effect of surface-active substances of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, and *Nocardia vaccinii* K-8 on phytopathogenic bacteria. *Appl. Biochem. Microbiol.* 2013, 49(4), 360—367. doi:10.1134/S000368381304011X.

7. Pirog T.P., Savenko I.V., Shevchuk T.A., Krutous N.V., Iutynska G.O. [Antimicrobial properties surfactants synthesized under different cultivation conditions of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241]. *Microbiol. Zh.* 2016, 78(3), 2—12. Ukrainian.

8. Pirog T., Shulyakova M., Sofilkanych A., Shevchuk. T., Maschenko O. Biosurfactant synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on byproduct of biodiesel production. *Food Bioprod. Proces.* 2015, 93(1), 11—18. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.09.003>.

9. Sharma D., Mandal S.M., Manhas R.K. Purification and characterization of a novel lipopeptide from *Streptomyces amritsarensis* sp. nov. active against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *AMB Express.* 2014, 4. doi: 10.1186/s13568-014-0050-y.

10. Zhang Q., Saleh A.S., Chen J., Shen Q. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. *Chem. Phys. Lipids.* 2012, 165 (6), 662—681.



УДК 336.368.03 (477)

## INVESTIGATION OF THE COMPETITIVENESS OF THE UKRAINIAN INSURANCE MARKET: GEOGRAPHIC ANALYSIS

M. Arych, L. Shirinyan

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Insurance market  
Competitiveness  
Density  
Capacity  
Openness*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form  
28.09.2017  
Accepted 13.10.2017

---

**Corresponding author:**

M. Arych  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper analyzes the competitiveness of the Ukrainian insurance market on the basis of indicators of the density of insurers, the density of insurance premiums, the openness and capacity of the insurance market. It was established that the highest density of insurers for the general insurance market during the investigated period was in 2013. In addition, it has been determined that in recent years Ukraine has significantly increased the number of transnational insurers (foreign capital is more than 51%). Investigation of the capacity of the insurance market showed a relatively stable dynamics of the functioning of the insurance market of the country. The analysis of the gross premiums density during the period under study has a tendency to increase, namely the average per capita paid premium and the average premium of the average insurer.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-4

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СТРАХОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ: ГЕОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ

М.І. Арич, Л.В. Шірінян

Національний університет харчових технологій

*У статті проведено аналіз конкурентоспроможності страхового ринку України на основі показників щільності страховиків, щільності страхових премій, відкритості та ємності страхового ринку. Встановлено, що найвища щільність страховиків для ринку загального страхування протягом досліджуваного періоду була у 2013 році. Крім цього, визначено, що протягом останніх років в Україні суттєво збільшується кількість транснаціональних страховиків (іноземний капітал більше 51%). Дослідження ємності страхового ринку показало відносно стабільну динаміку функціонування страхового ринку країни. Аналіз середньої сплаченої премії на душу населення та середньої премії пересічного страховика показав, що ці показники щільності валових премій протягом досліджуваного періоду мають тенденцію до зростання.*

**Ключові слова:** страховий ринок, конкурентоспроможність, щільність, ємність, відкритість.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан розвитку страхового ринку України знаходиться в ситуації постійної залежності від нестабільного внутрішньополітичного та соціально-економічного становища. Крім цього, страхові компанії, враховуючи досить-таки велику кількість конкурентів, повинні шукати все нові методи та напрями вдосконалення своєї роботи. Однак рівень і характер конкуренції на страховому ринку України все ще залишає більше питань, ніж відповідей. Тому якісне дослідження конкурентоспроможності страхового ринку дасть змогу сформувати відповідні науково-обґрунтовані висновки, які стануть основою для визначення напрямів оптимізації конкурентоспроможності всіх суб'єктів страхового ринку як у масштабах країни, так і враховуючи перспективи розширення в європейському економічному просторі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивчення конкурентоспроможності страхового ринку України є об'єктом досліджень багатьох вітчизняних економістів, які використовують при її аналізі різний інструментарій. К.Г. Гриценко [2] пропонує досліджувати конкурентоспроможність, використовуючи метод нечіткої логіки, який, на думку автора, адаптований до змінних умов зовнішнього середовища та пристосований до використання експертної інформації у вигляді логічних правил [2]. Аналізу конкурентоспроможності присвячені праці Р.Р. Арутюнян [1], О.Г. Гриценко [3], В.О. Пересади [6], О.Б. Пономарьова [7] та багатьох інших. Крім цього, варто відмітити, що О.Г. Гриценко та Ю.А. Рак [3] з метою аналізу конкуренції на ринку пропонують комплексний індекс, визначивши при цьому межі його зміни та параметри розрахунку [3].

**Метою дослідження** є аналіз конкурентоспроможності страхового ринку в контексті географічних особливостей економіки країни в цілому та суб'єктів страхового ринку зокрема на основі показників відкритості та ємності ринку, щільності страхових премій і страхових компаній тощо.

**Матеріали і методи дослідження.** Джерелами матеріалів, що були опрацьовані в науковому дослідженні, є передусім офіційні сайти Державної служби статистики України та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг, а також інформація, яка за допомогою офіційних запитів була отримана від даних установ. Також у процесі формуванні інформаційної бази дослідження були використані дані фінансово-економічних науково-аналітичних Інтернет-джерел щодо страхування та страхового ринку України.

Аналіз конкурентоспроможності страхового ринку було проведено з використанням як основи алгоритму дослідження та переліку показників, основними з яких є такі:

1) показник щільності страховиків для визначення кількості компаній на одну особу, що розраховуються за формулою:

$$\rho = N / N_{\text{нас}}, \quad (1)$$

де  $\rho$  — щільність страховиків (кількість компаній на одну особу);  $N$  — кількість страховиків у країні;  $N_{\text{нас}}$  — кількість населення країни [10, с. 167];

2) відкритість страхового ринку, що розраховується трьома показниками ( $\varphi_N, \varphi_{\Pi}, \varphi_{\Pi}^{**}$ ) [4, С. 169—171]:

$$\varphi_{\Pi} = 100\% \cdot \Pi_{\text{екс}} / \text{ВП}, \quad (2)$$

де  $\varphi_{\Pi}$  — ступінь відкритості страхових послуг;  $\Pi_{\text{екс}}$  — сума експорту премій на територію інших держав (імпорту з інших країн).

Наступний показник відкритості базується на кількості компаній:

$$\varphi_N = 100\% \cdot N_{in} / N, \quad (3)$$

де  $N_{in}$  — кількість транснаціональних страховиків [10, с. 169];

Показник відкритості  $\varphi_{\Pi}^{**}$ , аналогічний  $\varphi_{\Pi}$ , однак враховує обсяг премій щодо перестрахових операцій із нерезидентами [10, с. 171];

3) проникнення та ємність страхових послуг, що характеризує питому вагу страхування у формуванні валового внутрішнього продукту країни на основі страхових премій, доходу та активів страховиків і розраховується за чотирима основними показниками [10, с. 172]:

$$\eta_{\text{ЧП}} = 100\% \cdot \text{ЧП} / \text{ВВП}, \quad (4)$$

де  $\eta_{\text{ЧП}}$  — ємність на основі чистих страхових премій; ЧП — чисті премії; ВВП — валовий внутрішній продукт;

$$\eta_{\text{ВП}} = 100\% \cdot \text{ВП} / \text{ВВП}, \quad (5)$$

де  $\eta_{\text{ВП}}$  — ємність на основі валових премій; ВП — валові страхові премії;

$$\eta_{\text{Д}} = 100\% \cdot \text{Д} / \text{ВВП}, \quad (6)$$

де  $\eta_{\text{Д}}$  — ємність на основі доходу страховика; Д — дохід страхової компанії;

$$\eta_{\text{А}} = 100\% \cdot \text{А} / \text{ВВП}, \quad (7)$$

де  $\eta_{\text{А}}$  — ємність на основі активів страховика; А — активи;

4) щільність страхових премій ( $\alpha, \beta, \gamma$ ), що розраховується таким чином [10, с. 135]:

$$\alpha = \text{ВП} / N_{\text{нас}}, \quad (8)$$

де  $\alpha$  — середня сплачена премія на душу населення;

$$\beta = \text{ВП} / N, \quad (9)$$

де  $\beta$  — середня премія пересічного страховика, яку отримано протягом року;

$$\gamma = \text{ВП} / N_{\text{пол}}, \quad (10)$$

де  $\gamma$  — середня вартість одного договору страхування;  $N_{\text{пол}}$  — кількість укладених договорів страхування [10, с. 135].

**Викладення основних результатів дослідження.** Дослідження конкурентоспроможності страхового ринку є об'ємним та комплексним фінансово-економічним завданням, успішне вирішення якого вимагає визначення та

реалізації певної сукупності науково-обґрунтованих заходів. При цьому важливо дотримуватись як ширини, так і глибини емпіричного дослідження.

Дослідження абсолютних показників страхової діяльності «life» та «non-life» страховиків України за останні роки практично по всіх категоріях показує позитивну динаміку зростання абсолютних значень. Так, страхові виплати «non-life» страховиків зросли із 4,5 млрд грн у 2013 р. до 8,4 млрд грн у 2016 р., тобто збільшення становить 86,7 %, при цьому частки страхових виплат у валових преміях за вказаний період коливалася в межах 17,2—27,6 % (табл. 1).

*Таблиця 1. Динаміка абсолютних показників страхової діяльності «non-life» та «life» страховиків України з 2013 р. по 2016 р.\**

Рік	Показники									
	N		ВП, млрд грн		ЧП, млрд грн		СВ, млрд грн		СВ/ВП, %	
	«non-life»	«life»	«non-life»	«life»	«non-life»	«life»	«non-life»	«life»	«non-life»	«life»
2013	345	62	26,19	2,4767	19,07	2,4765	4,503	0,1492	17,2	6,0
2014	325	57	24,61	2,1598	16,43	2,1597	4,826	0,2392	19,6	11,1
2015	312	49	27,55	2,1866	20,17	2,1866	7,609	0,4916	27,6	22,5
2016	272	38	32,4	2,7561	18,1	2,6628	8,4	0,4183	25,9	15,2

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [5].

Дані табл. 1 показують, що попри загальну відносно позитивну динаміку зростання абсолютних значень страхових премій, кількість страхових компаній протягом останніх років зменшувалася: «non-life» страховиків стало менше на 21,2 %, або на 73 компанії, «life» страховиків — на 38,7 %, або на 24 компанії. Отже, можна відмітити суттєве скорочення страхових компаній в Україні, що здійснюють страхування життя порівняно із суб'єктами, що забезпечують ризикове страхування.

Аналіз показників щільності страховиків ( $\rho$ ), розрахованих відповідно до формули (1), показує, що протягом досліджуваного періоду (2013—2016 рр.) максимальне його значення було у 2013 р. для ринку загального страхування, тобто разом «life» та «non-life», адже на одного страховика припадало трохи більше 106 тис. населення.

Крім цього, найменша щільність страхових компаній зафіксована у 2016 р. для страхування життя: тут на одного страховика припадає трохи більше як 1 млн 125 тис. населення України (табл. 2).

*Таблиця 2. Показники щільності страховиків\**

Показник	Роки			
	2013	2014	2015	2016
	43 204 400	43 073 100	42 929 300	42 760 500
1	2	3	4	5
$N_{life}$	62	57	49	38
$N_{non} - N_{life}$	345	325	312	272
$\rho_{life}$	0,0000014350	0,0000013233	0,0000011414	0,0000008887

*Продовження табл. 2.*

1	2	3	4	5
або як відношення 1 страховик: кількість населення	1:696845	1:755668	1:876108	1:1125276
$P_{non} - P_{life}$	0,0000079853	0,0000075453	0,0000072678	0,0000063610
або як відношення 1 страховик: кількість населення	1:125230	1:132533	1:137594	1:157208
$P$	0,0000094203	0,0000088686	0,0000084092	0,0000072497
або як відношення 1 страховик: кількість населення	1:106153	1:112757	1:118918	1:137937

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [4; 5].

Дослідження щільності страховиків в Україні протягом останніх років у розрізі «life» та «non-life», а також у цілому, показує зменшення щільності страхових компаній на страховому ринку країни. Така ситуація, на нашу думку, викликана особливостями державного регулювання та встановленням нових, більш жорстких вимог до страховиків. Результатом зменшення кількості страхових компаній є, з одного боку, зниження рівня конкуренції на ринку, від чого, звичайно, програють споживачі страхових послуг, а з іншого, як ми сподіваємося, діяльність тільки тих страхових компаній, якість послуг яких буде найвищою, від чого виграють страхувальники. Крім цього, вважаємо, що функціонування на ринку меншої кількості страховиків, але з більш-менш однаковим рівнем фінансово-економічних показників та якістю надання страхових послуг, буде сприяти формуванню конкурентного середовища, яке, як відомо, має багато переваг як для страхувальників, так і для страховиків.

Важливо для високого ступеня наукової обґрунтованості дослідження проаналізувати щільність страховиків у розрізі регіонів країни, адже сьогодні в Україні рівень економічного та соціального розвитку адміністративно-територіальних одиниць є різним, що, у свою чергу, істотно впливає на фінансовий сектор (табл. 3).

**Таблиця 3. Щільність структурних підрозділів страховиків України за регіонами станом на 31.12.2016\***

Область / регіон	Розрахунок щільності підрозділів страховиків		
	Кількість підрозділів	Населення регіону, тис. осіб	Щільність
1	2	3	4
Київ	127	2 906,6	1:22887
Севастополь	5	385,9**	1:77180*
АР Крим	24	1 967,3**	1:81971*
Вінницька	29	1 602,2	1:55248
Волинська	32	1 042,7	1:32584
Дніпропетровська	104	3 254,9	1:31297
Донецька	57	4 265,1	1:74826

*Продовження табл. 3.*

1	2	3	4
Житомирська	28	1 247,5	1:44554
Закарпатська	48	1 259,2	1:26233
Запорізька	61	1 753,6	1:28748
Івано-Франківська	24	1 382,4	1:57600
Київська	42	1 732,2	1:41243
Кіровоградська	41	973,2	1:23737
Луганська	60	2 205,4	1:36757
Львівська	63	2 534,2	1:40225
Миколаївська	48	1 158,2	1:24129
Одеська	87	2 390,3	1:27475
Полтавська	66	1 438,9	1:21802
Рівненська	31	1 161,8	1:37477
Сумська	27	1 113,3	1:41233
Тернопільська	44	1 065,7	1:24220
Харківська	76	2 718,6	1:35771
Херсонська	32	1 062,4	1:33200
Хмельницька	32	1 294,4	1:40450
Черкаська	47	1 243,0	1:26447
Чернівецька	27	909,9	1:33700
Чернігівська	36	1 045,0	1:29028
Усього	1298	42 760,5	1:32943

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [4; 5].

\*\* дані за 2014 рік.

Дані табл. 3 показують, що найменша щільність страхових компаній серед адміністративно-територіальних одиниць України була в Автономній Республіці Крим, однак доступна інформація тільки для 2014 року; далі йде Донецька область — 74 826 осіб на одну страхову компанію, однак тут необхідно брати до уваги, що частина Донецької області є тимчасово окупованою територією з 2014 року. Найвища ж щільність страхових компаній зафіксована у Полтавській області, де на одного страховика припадає 21 802 особи.

Проведений аналіз відкритості ринку страхування України за останні роки відповідно до формул (2) та (3) свідчить про поступове відносно збільшення питомої ваги страхових компаній з іноземним капіталом більше 51% — із 10,9% у 2012 р. до 19,0% у 2016 р. (табл. 4).

*Таблиця 4. Динаміка ступеня відкритості всього страхового ринку України\**

Рік	Ступінь відкритості, %		
	$\Phi_N$	$\Phi_{\Pi}$	$\Phi_{\Pi}^{**}$
2012	10,9	1,3	6,0
2013	17,9	1,1	5,7
2014	18,3	0,0	5,7
2015	19,4	0,1	8,5
2016	19,0	0,1	11,3

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [5].

При цьому з даних табл. 4 видно, що максимальне значення частки транснаціональних страховиків на українському страховому ринку становило 19,4% у 2015 році.

Визначення рівня конкуренції на внутрішньому страховому ринку обов'язково треба здійснювати, враховуючи легкість доступу (відкритість) до нього іноземних суб'єктів господарювання даного виду діяльності, адже функціонування підприємств-нерезидентів робить великий внесок як в удосконалення всього страхового сектору, так і в підвищення рівня конкурентної боротьби та зниження рівня монополізації ринку.

Також визначення рівня відкритості страхового ринку як відношення суми страхових премій, сплачених на перестраховування перестраховикам-нерезидентам до валових премій в цілому по Україні ( $\varphi_{П}^{**}$ ), підтвердило позитивну динаміку підвищення рівня відкритості страхового ринку, адже даний показник зріс із 6,0% у 2012 р. до 11,3% у 2016 році. Однак відповідно до показника відкритості  $\varphi_N$ , що розрахований як відношення отриманих страхових премій від перестраховувальників-нерезидентів, визначено, що відкритість страхового ринку знижувалася, адже даний показник зменшився з 1,3% у 2012 р. до 0,1% у 2016 році.

Аналіз ємності страхового ринку здійснювався на основі формул (4), (5), (6), (7) і є важливим показником оцінки частки фінансово-економічних результатів діяльності страхових компаній на ринку порівняно з основними результатами роботи країни, яким є ВВП (табл. 5).

*Таблиця 5. Ємність усього страхового ринку України\**

Рік	Ємність, %			
	$\eta_{ПП}$	$\eta_{ВП}$	$\eta_D$	$\eta_A$
2012	1,4	1,5	1,3	4,0
2013	1,5	2,0	1,4	4,5
2014	1,2	1,7	1,1	4,4
2015	1,1	1,5	0,9	3,1
2016	1,1	1,5	0,9	2,4

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [5].

Протягом досліджуваного періоду (2012—2016 рр.) значення ємності страхового ринку за показниками чистих премій, валових премій та чистого доходу коливалися в межах 0,9—2,0%, що свідчить про відносно стабільну динаміку функціонування як страхового ринку зокрема, так і в цілому економіки країни. При цьому варто відмітити, що значення показників ємності страхового ринку за останні два роки (2015—2016 рр.) є найменшими за весь період аналізу, тобто простежується негативна тенденція зменшення ємності основних показників страхового ринку в структурі валового внутрішнього продукту.

Дослідження щільності валових премій (середня сплачена премія на душу населення розрахована згідно з формулою (8), середня премія пересічного страховика — формула (9), яку отримано протягом року, та формула (10) —

середня вартість одного договору страхування) для всього страхового ринку України за показниками є невід’ємним елементом дослідження ефективності роботи страхового ринку. Якість і результативність діяльності ринку страхування прямо пропорційна значенням вищенаведеним показникам, тому за результатом аналізу динаміки даних величин можна робити висновки про функціонування всього страхового сектору країни.

Динаміка щільності валових премій, а саме: середня сплачена премія на душу населення та середня премія пересічного страховика, за досліджуваній період мають тенденцію до зростання: із 663,4 грн у 2013 р. до 822,5 грн у 2016 р., та, відповідно, із 70,4 грн у 2013 р. — до 113,5 грн у 2016 р. (табл. 6).

*Таблиця 6. Щільність валових премій для всього страхового ринку України і показники ВВП країни по роках\**

Показник	Рік			
	2013	2014	2015	2016
Середня сплачена премія на душу населення, грн				
α	663,4	621,4	692,7	822,5
Середня премія пересічного страховика, яку отримано протягом року, млн грн				
β	70,4	70,1	82,4	113,5
Середня вартість одного договору страхування, грн				
γ	328,2	744,0	272,5	574,0
ВВП (млрд грн) і ВВП на душу населення (тисяч грн/особу)				
ВВП, млрд грн	1465,2	1586,9	1988,5	2383,2
ВВП на душу населення, тис. грн	33,9	36,8	46,3	55,7

\* авторські розрахунки на основі офіційних даних [4; 5].

Варто відмітити зростання середньої вартості одного договору страхування із 328,2 грн у 2013 р. до 574,0 грн у 2016 р., однак це не найбільша величина вартості договору страхування, адже у 2014 р. вона склала 744,0 грн. У цілому, аналізуючи дані показники щільності валових премій досліджуваного періоду, можна стверджувати, що в Україні наявна позитивна тенденція збільшення рівня страхового захисту населення і підвищення доходів страхових компаній.

### **Висновки**

Діяльність страхових компаній постійно здійснюється в умовах посиленої конкурентної боротьби за споживача страхових послуг та отримання фінансово-економічних переваг функціонування. Дослідження показників конкурентоспроможності підтвердило зростання відкритості ринку страхування в Україні для іноземних суб’єктів господарювання, адже частка іноземних (транснаціональних) страховиків зростає з 10,9% у 2012 р. до 19,0% у 2016 році. Крім цього, встановлено, що найвища щільність страхових компаній зафіксована у Полтавській області, де на одного страховика припадає 21 802 особи. Варто відмітити, що в цілому по країні щільність страхових компаній має тенденцію до зменшення. Отже, конкурентоспроможність страхового ринку України можна характеризувати як відносно стабільний динамічний процес, який перебуває під впливом багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників.



**Подяка.** Результати дослідження отримано в рамках держбюджетної теми кафедри фінансів Національного університету харчових технологій «Комплексна оцінка та шляхи підвищення конкурентоспроможності страхового ринку України в контексті європейської інтеграції» (номер державної реєстрації 0117U001246, наказ МОНУ № 198 від 10.02.2017, термін виконання 2017—2019 рр. Керівник проекту — д.е.н., проф. Шірінян Л.В.).

### **Література**

1. *Арутюнян Р.Р.* Страховий ринок України в глобальному середовищі / Р.Р. Арутюнян, С.С. Арутюнян, О.В. Ітигіна // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe).
2. *Гриценко К.Г.* Метод оцінювання конкурентоспроможності страхових компаній на основі нечіткої логіки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://dspace.uabs.edu.ua/jspui/handle/123456789/6620>.
3. *Гриценко О.Г.* Оцінка привабливості ринку консалтингових послуг України на основі факторного аналізу / О.Г. Гриценко, Ю.А. Рак // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Траєів\\_2013\\_1\\_1\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Траєів_2013_1_1_13).
4. Державна служба статистики України. — Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
5. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг України. — Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.pdf.gov.ua/та> <http://www.nfp.gov.ua/>.
6. *Пересада В.О.* Аналіз конкурентоспроможності страхового ринку України в умовах трансформації / В.О. Пересада, І.М. Клімович // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://nauka.kushnir.mk.ua/?p=39437>.
7. *Пономальова О.Б.* Аналіз конкурентоспроможності страхових компаній України / О.Б. Пономарьова, А.Б. Перетятко, С.С. Дегтярова // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://molodyucheny.in.ua/files/journal/2016/12/202.pdf>.
8. *Рак Ю.А.* Пріоритети розвитку конкуренції на ринку консалтингових послуг України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/65.pdf>.
9. *Цуркан І. М.* Вплив глобалізаційних процесів на розвиток страхового ринку України / І.М. Цуркан, І.Ю. Герасимова // Держава та регіони. Серія : Економіка та підприємництво. — 2014. — № 6. — С. 127—132. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/drep\\_2014\\_6\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/drep_2014_6_25).
10. *Шірінян Л.В.* Фінансове регулювання страхового ринку України: проблеми теорії та практики : монографія / Л.В Шірінян. — Київ : Центр учбової літератури, 2014. — 458 с.

## DYNAMICS AND ENERGY RECUPERATION IN TECHNOLOGICAL MACHINES

O. Stepanets, D. Pryhodii, N. Tkachuk  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Transients  
Dynamics  
Driving factor  
Elastic connection  
Energy  
Coupling*

---

**ABSTRACT**

This article provides an assessment of the prospects of limiting dynamic loads in the transient processes of drives of technological machines with a combination of issues to reduce energy consumption. These materials refer to cyclically operating equipment driven by operated friction clutches, dividing the system into two parts. The first of them refers to the leading mass, which is in a continuous motion, and the second — the driven mass — carries out cyclic displacements. The algorithm of calculating transition processes alongside with the definition of kinematic parameters of displacement of masses and loads of elastic bonds is proposed. It is shown that in the general structure of such mathematical formalizations, the overall result is appreciably dependent on the ratios of inertial masses.

---

**Article history:**

Received 07.09.2017  
Received in revised form  
29.09.2017  
Accepted 10.10.2017

---

**Corresponding author:**

O. Stepanets  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-5

---

## ДИНАМІКА І ЕНЕРГЕТИЧНА РЕКУПЕРАЦІЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИНАХ

О.І. Степанець, Д.В. Пригодій, Н.А. Ткачук  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті здійснено оцінку перспектив обмеження динамічних навантажень у перехідних процесах приводів технологічних машин з об'єднанням завдань зниження енерговитрат. Наведені матеріали стосуються циклічно діючого обладнання, до складу приводів якого введено керовані фрикційні муфти, що поділяють систему на дві частини. Перша з них відноситься до ведучої маси, яка знаходиться в безперервному русі, а друга — ведена маса — здійснює циклічні переміщення. Запропоновано алгоритм розрахунку перехідних процесів з визначенням кінематичних параметрів переміщення мас і навантажень пружних зв'язків. Показано, що в загальній структурі подібних математичних формалізацій загальний результат помітно залежить від співвідношень інерційних мас.*

**Ключові слова:** *перехідні процеси, динаміка, рушійний фактор, пружний зв'язок, енергія, муфта.*

**Постановка проблеми.** Перехідні процеси режимів пуску електромеханічних систем значною мірою залежать від статичних механічних характеристик двигунів, в яких наявні моменти пускові, максимальні та номінальні з нелінійними залежностями  $M_{дв} = M_{дв}(\omega)$ . Моделювання таких процесів ускладнюється вказаними нелінійностями та ще тим, що вони є певними абстракціями, в яких нехтуються електромагнітні перехідні процеси [1]. Врахування цих особливостей підтверджує доцільність використання лінеаризованих статичних механічних характеристик асинхронних двигунів [2; 3] з нечітко визначеними впливами таких апроксимацій, хоча значення моментів пускових  $M_{п}$ , максимальних  $M_{м}$  і номінальних  $M_{н}$  в них наявні.

Разом з тим наявність у складі приводів технологічних машин пасових або фрикційних передач є корисною у зв'язку з тим, що вона стабілізує рушійний момент значенням моменту сил тертя  $M_{м} > M_{н}$ . Можливості регулювальних впливів на динаміку систем через значення  $M_{м}$  в умовах програмованих змінних динамічних параметрів в обладнанні ліній пакування [4—6] додатково відкривають перспективи рекуперації кінетичної енергії.

**Мета дослідження:** намітити перспективи зниження і рекуперації енергетичних витрат у технологічному обладнанні з циклічними режимами роботи.

**Методи дослідження** стосуються аналітичних формалізацій динаміки двомасових систем з реалізацією обмежень силових впливів у перехідних процесах і енергетичних витрат.

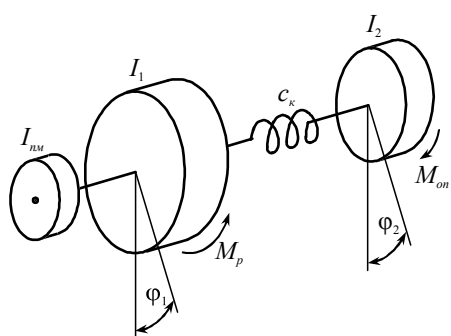


Рис. 1. Схема крутної двомасової моделі

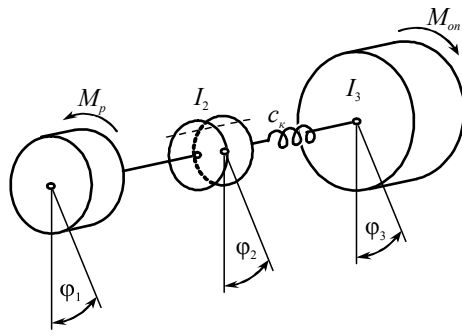


Рис. 2. Схема системи з керованою фрикційною муфтою

**Викладення основних результатів дослідження.** Virішення двох об'єднаних задач з перспективами обмеження динамічних навантажень у двомасових системах і енергетичних витрат здійснимо на основі аналізу схем, що відповідають рис. 1 і 2.

У першому випадку момент сил тертя фрикційною муфтою передається від фрикційної муфти до ведучої маси з моментом інерції  $I_1$ . При цьому їх масовий інерційний потенціал  $I'_1$  визначається залежністю:

$$I'_1 = I_{пм} + I_1, \quad (1)$$

де  $I_{пм}$  — момент інерції правої півмуфти.

У цьому випадку рівняння руху системи приводяться до виду:

$$I_1 \ddot{\phi}_1 = M_m - c_k (\phi_1 - \phi_2); \quad (2)$$

$$I_2 \ddot{\phi}_2 = c_k (\phi_1 - \phi_2) - M_{оп}, \quad (3)$$

де  $I_2$  — приведений момент інерції веденої маси;  $c_k$  — приведена жорсткість системи;  $\phi_1$  та  $\phi_2$  — кутові координати ведучої і веденої мас.

Наявність в умові (2) рушійного фактора у формі  $M_m$  означає можливість регулювальних впливів на динаміку системи.

Циклічність у роботі технологічного обладнання доцільно супроводжувати заходами з рекуперації кінетичної енергії. При цьому очевидно, що ведена маса повинна бути зупинена відповідно до вимог циклу, тоді як ведуча може бути виконана з можливістю збереження свого енергетичного потенціалу. Реалізація такої системи можлива за включення до неї керованої фрикційної муфти, за рахунок якої досягаються, по-перше, обмежені значення рушійних моментів тертя  $M_m$ , а, по-друге, реалізується можливість замикання або розмикання зв'язку між ведучою і веденою масами (рис. 2). Розімкнутий стан муфти дає змогу підтримувати на сталому рівні кінетичну енергію ведучої маси. Замикання за відповідної команди фрикційної муфти започатковує перехідний процес розгону веденої маси. В цій схемі ліва півмуфта жорстко зв'язана з приводом і в своїх інерційних властивостях віднесена до ведучої маси, а права півмуфта з моментом інерції  $I_2$  виступає проміжною масою. Таким чином з урахуванням веденої маси система перетворюється на тримасову. Її відмінністю є те, що зв'язок між першою і проміжною масами не пружинний, а силовий фрикційний. Окрім того, момент інерції  $I_2$  проміжної маси порівняно з  $I_1$  та  $I_3$  — обмежений.

Для аналізу перехідного процесу приймемо припущення про сталу кутову швидкість  $\dot{\phi}_1 = const$ . Від моменту замикання муфти на першому етапі розпочинається навантаження пружного елемента з жорсткістю  $c_k$  до величини моменту сил опору  $M_{оп}$  за нерухою маси  $I_3$ . Першому етапу відповідають рівняння руху:

$$\phi_1 = \dot{\phi}_1 t; \quad I_2 \ddot{\phi}_2 = M_m - c_k \phi_2. \quad (4)–(5)$$

Наведені рівняння є умовно незалежними при виконанні умови  $\dot{\phi}_2 < \dot{\phi}_1$ . Розв'язання наступної умови у формі

$$\ddot{\phi}_2 + \frac{c_k}{I_2} \phi_2 = \frac{M_m}{I_2} \quad (6)$$

за початкових умов  $t_{(n)} = 0$ ,  $\phi_{2(n)} = 0$  і  $\dot{\phi}_{2(n)} = 0$  приводить до виду:

$$\phi_2 = \frac{M_m}{c_k} - \frac{M_m}{c_k} \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t; \quad \dot{\phi}_2 = \frac{M_m}{c_k} \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t. \quad (7)–(8)$$

Зміна пружного навантаження відповідає залежності:

$$M_{\text{пр}} = c_{\text{к}} \phi_2 = M_{\text{м}} - M_{\text{м}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{к}}}{I_2}} t. \quad (9)$$

Завершенню етапу відповідає умова:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{оп}} = M_{\text{м}} - M_{\text{м}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{к}}}{I_2}} t_{(\text{к})}^I. \quad (10)$$

Звідси визначаємо час завершення першого етапу:

$$t_{(\text{к})}^I = \sqrt{\frac{I_2}{c_{\text{к}}}} \arccos \left( 1 - \frac{M_{\text{оп}}}{M_{\text{м}}} \right). \quad (11)$$

При цьому швидкість завершення першого етапу становить:

$$\dot{\phi}_{2(\text{к})}^I = \frac{M_{\text{м}}}{c_{\text{к}}} \sqrt{\frac{c_{\text{к}}}{I_2}} \sin \sqrt{\frac{c_{\text{к}}}{I_2}} t_{(\text{к})}^I. \quad (12)$$

На другому етапі рівняння руху зводяться до системи:

$$\begin{cases} \phi_1 = \dot{\phi}_1 t; \\ I_2 \ddot{\phi}_2 = M_{\text{м}} - c_{\text{к}} (\phi_1 - \phi_2); \\ I_3 \ddot{\phi}_3 = c_{\text{к}} (\phi_1 - \phi_2) - M_{\text{оп}}. \end{cases} \quad (13)$$

Початкові умови другого етапу визначаються відповідними кінцевими умовами першого. При цьому:

$$t_{(\text{п})}^{II} = 0; \quad x_{2(\text{п})}^{II} = x_{2(\text{к})}^I; \quad \dot{x}_{2(\text{п})}^{II} = \dot{x}_{2(\text{к})}^I; \quad x_{3(\text{п})}^{II} = 0; \quad \dot{x}_{3(\text{п})}^{II} = 0.$$

Параметр  $x_{2(\text{к})}^I$  визначається за умовою:

$$x_{2(\text{к})}^I = \frac{M_{\text{м}}}{c_{\text{к}}} - \frac{M_{\text{т}}}{c_{\text{к}}} \cos \sqrt{\frac{c_{\text{к}}}{I_2}} t_{(\text{к})}^I. \quad (14)$$

Математичні формалізації розрахункових схем за рис. 1 і 2 мають однакову структуру, але в інерційних показниках спостерігається суттєва відмінність пов'язана з тим, що числові значення моментів інерції  $I_2$  та  $I_1'$  представлені різними значеннями. Важливо, що в реальних схемах технологічних машин вони можуть відрізнятися на порядок і більше. Це означає доцільність порівнянь, які стосуються навантажень пружних елементів і енергетичних втрат у циклічних режимах роботи машин, хоча з оцінок впливів динамічних параметрів відомо, що збільшення ведучих мас у двомасових системах за інших рівних умов пружні навантаження обмежує.

Однак таке положення стосується схеми за рис. 2, а в іншому випадку воно не стосується пружного елемента через розрив кінематичного зв'язку фрикційною муфтою.

Алгоритм розв'язання системи диференціальних рівнянь (13) за сталих значень  $M_M$  і  $M_{оп}$  може стосуватися її трансформації в одне рівняння пружних моментів сил. За виконання таких перетворень отримуємо умову:

$$\ddot{M}_{пр} + \left( \frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3} \right) M_{пр} = c_k \left( \frac{M_M}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right), \quad (15)$$

розв'язання якої приводиться до виду:

$$M_{пр} = \frac{c_k \dot{\phi}_{2(k)}}{\sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} t + \left[ M_{оп} - \frac{c_k}{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} \left( \frac{M_M}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right) \right] \times \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} t + \frac{c_k}{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} \left( \frac{M_M}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right). \quad (16)$$

При цьому час досягнення екстремального навантаження визначається залежністю:

$$t_{екс} = \frac{\arctg \left( \frac{c_k \dot{\phi}_{2(k)}}{M_{оп} - \frac{c_k}{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} \left( \frac{M_M}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right)} \right)}{\sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}}}. \quad (17)$$

Перехідний процес пуску системи завершується вирівнюванням швидкостей  $\dot{\phi}_1 = \dot{\phi}_2 = \dot{\phi}_3$ , за якого досягається  $M_{пр} = const$ . Зупинка веденої частини розпочинається від моменту розмикання фрикційної муфти під дією  $M_{оп}$ . Рівняння руху при цьому записуються у формі:

$$I_2 \ddot{\phi}_2 = -c_k (\phi_2 - \phi_3); \quad I_3 \ddot{\phi}_3 = c_k (\phi_2 - \phi_3) - M_{оп}. \quad (18) \text{—}(19)$$

Початкові умови останніх рівнянь мають вид:

$$t_{(n)} = 0; \quad \phi_{2(n)}^{III} = \frac{M_{оп}}{c_k}; \quad \dot{\phi}_{2(n)}^{III} = \dot{\phi}_{2(k)}^{II}; \quad \phi_{3(n)}^{III} = 0; \quad \dot{\phi}_{3(n)}^{III} = \dot{\phi}_{2(k)}^{II}.$$

З умови (18) визначаємо:  $\phi_3 = \frac{I_2}{c_k} \ddot{\phi}_2 + \phi_2$  і тоді  $\dot{\phi}_3 = \frac{I_2}{c_k} \ddot{\phi}_2 + \dot{\phi}_2$ ;

$$\ddot{\phi}_3 = \frac{I_2}{c_k} \ddot{\phi}_2 + \ddot{\phi}_2.$$

Підстановка одержаних значень  $\phi_3$  і  $\ddot{\phi}_3$  у рівняння (19) дає змогу записати:

$$\ddot{\phi}_2 + \frac{c_k(I_2 + I_3)}{I_2 I_3} \ddot{\phi}_2 = -\frac{M_{\text{оп}} c_k}{I_2 I_3}. \quad (20)$$

Завершується третій етап за умови  $\dot{\phi}_{2(k)}^{III} = 0$ , у зв'язку з чим одержуємо:

$$\phi_2 = \frac{I_3}{c_k} \ddot{\phi}_3 + \phi_3 + \frac{M_{\text{оп}}}{c_k}; \quad \dot{\phi}_2 = \frac{I_3}{c_k} \ddot{\phi}_3 + \dot{\phi}_3; \quad \ddot{\phi}_2 = \frac{I_3}{c_k} \ddot{\phi}_3 + \ddot{\phi}_3. \quad (21)$$

Відповідні підстановки в рівняння (19) дають змогу записати:

$$\ddot{\phi}_3 + \frac{c_k(I_2 + I_3)}{I_2 I_3} \ddot{\phi}_3 = -\frac{M_{\text{оп}} c_k}{I_2 I_3}. \quad (22)$$

Одержані диференціальні рівняння четвертого порядку (20) і (21) є взаємно незалежними і розв'язуються з урахуванням початкових умов. При цьому незалежним фактором впливу, здатним за необхідності прискорити процес вибігу є момент сил опору  $M_{\text{оп}}$ . Проте в системі він представлений у формі технологічного опору, зменшення якого практично неможливе за умовами її синтезу, а збільшення не повинно стосуватися найбільш вразливих гнучких зв'язків. Ситуація ускладнюється тим, що ведена маса і її момент інерції є змінними в часі у зв'язку з витратами частини плівки з рулону. Характер цих змін і їх вплив на динаміку вибігу визначаються на основі аналізу розв'язання умов (20) і (22).

Циклічні переміщення веденої маси і безперервний рух ведучої означають перерозподіл енергетичних витрат порівняно з випадками, у яких названі переміщення об'єднані. Останнє означає, що енергетичні затрати на розгін системи в кожному циклі без оцінки впливів шкідливих опорів мають складати:

$$E_{\text{кін}} = (I_1 + I_2) \frac{\dot{\phi}_M^2}{2}, \quad (23)$$

де  $\dot{\phi}_M$  — максимальна кутова швидкість системи.

Зупинка веденої маси, що настає після відключення фрикційної муфти, за рахунок вибігу або гальмування означає енергетичні втрати у розмірі:

$$\Delta E_{\text{вт}} = I_2 \frac{\dot{\phi}_M^2}{2}. \quad (24)$$

Якщо в режимі зупинки веденої маси ведуча зберігає швидкість  $\dot{\phi}_M$ , то в наступному циклі енергетичні витрати щодо кінетичної енергії стосуються розгону тільки веденої маси:

$$E'_{\text{кін}} = I_2 \frac{\dot{\phi}_M^2}{2}. \quad (25)$$

Названі обставини означають наявність у системі обмежень енерговитрат і, одночасно, рекуперацію енергії. Очевидно, що енергетична ефективність

залежить від співвідношення кінетичних енергій — максимальної енергії веденої маси і ведучої маси у формі:

$$\eta = \frac{I_2}{I_1 + I_2}. \quad (26)$$

### **Висновки**

1. Показано доцільність синтезу приводів технологічних машин із завданнями обмежень динамічних складових навантажень ведучих і ведених мас та пружних зв'язків.

2. Стабілізація рушійних факторів в одномасових і кількамасових моделях можлива при використанні пасових або фрикційних передач.

3. Режими енергетичного збереження і рекуперації в циклічно діючому обладнанні можливі за рахунок зупинки тільки ведених мас без зупинки ведучих.

4. Ефективність рекуперації кінетичної енергії залежить від співвідношення ведучих і ведених мас.

### **Література**

1. Моделювання процесів пакування: підручник / А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний та ін. — Вінниця : Нова книга, 2004. — 272 с.
2. Теорія тертя у взаємодії твердих тіл: монографія / А.І. Соколенко, С.В. Іванов, В.А. Піддубний та ін. — Київ : Фенікс, 2012. — 256 с.
3. Рекуперація кінетичної енергії в технологічних машинах / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, О.І. Степанець // Харчова промисловість. — 2016. — № 20. — С. 138—145.
4. Регулювання ходу машин / А.І. Соколенко, О.І. Степанець, Д.В. Пригодій // Харчова промисловість. — № 21. — Київ : НУХТ, 2017. — С. 155—163.
5. Ограничение динамических нагрузок в приводах технологических машин линий упаковки / А. Соколенко, К. Васильківський, В. Костюк // Научни трудове на университет по хранителни технологии. — Пловдив, 2015. — Том LXII. — С. 777—781.
6. Про можливості рекуперації кінетичної енергії в машинах і механізмах / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, В.С. Костюк // Харчова промисловість. — № 19. — Київ : НУХТ. — 2016. — С. 92—99.



УДК 66.047.3.049.6:635.076

## INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DRYING MODES OF VIBRATING VACUUM DRYER ON COLORIMETRIC INDICATORS OF PLANT RAW MATERIALS

O. Mayak, A. Sardarov

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

---

**Key words:**

*Concentrated products  
Fruit and vegetable raw materials  
Vibration  
Drying  
Colorimetry indexes*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form  
04.10.2017  
Accepted 24.10.2017

---

**Corresponding author:**

O. Mayak

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The process of drying of fruit and vegetable excrements under conditions of vibration under vacuum was studied. The methods of production of concentrated products from fruit and vegetable raw materials and the design of a vibration vacuum dryer (VVD) for drying of fruit and vegetable shafts used in the process of production of separate concentrates are considered. Low-frequency machining of disperse material leads to it in oscillatory motion, while significantly weakening the forces of interaction between particles: decreases friction and decreases the effect of adhesion forces. Depending on the vibration parameters and the material nature of the material, vibratory treatment can contribute to the compaction of particles, that is, to reduce the porosity of the material. The designs of a vibration vacuum dryer for drying of plant material are considered. The rheological criterion of Reynolds is calculated, analysis of which allowed to determine rational regimes of vibration processing of squeezes. The influence of drying parameters on the colorimetric indices of shoots from plant raw materials was investigated. Experiments have shown that the use of vibration reduces the duration of the drying process, as well as improves the quality of the finished product.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-6

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ СУШІННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ВАКУУМНОЇ СУШАРКИ НА КОЛОРИМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

О.А. Маяк, А.М. Сардаров

Харківський державний університет харчування та торгівлі

*У статті досліджено процес сушіння плодоовочевих вичавок в умовах вібрації під вакуумом. Розглянуто способи виробництва концентрованих продуктів з плодоовочевої сировини та конструкція вібраційної вакуумної сушарки*

(ВВС) для сушіння плодоовочевих вичавок, що використовуються у процесі виробництва роздільних концентратів. Низькочастотна обробка дисперсного матеріалу приводить його в коливальний рух, при цьому значно послаблюються сили взаємодії між частинками: зменшується тертя і знижується вплив сил адгезійного зчеплення. Залежно від параметрів вібрації і природи матеріалу вібраційна обробка може сприяти ущільненню частинок, тобто зменшенню пористості матеріалу. Розглянуто конструкції вібраційної вакуумної сушарки для сушіння рослинної сировини. Розрахований реологічний критерій Рейнольдса, аналіз якого дав змогу визначити раціональні режими віброобробки вичавок. Досліджено вплив параметрів сушіння на колориметричні показники вичавок з рослинної сировини. Експерименти показали, що застосування вібрації скорочує тривалість процесу сушіння, а також сприяє підвищенню якості готового продукту.

**Ключові слова:** концентровані продукти, плодоовочева сировина, вібрація, сушіння, колориметричні показники.

**Постановка проблеми.** Покращення виробництва високоякісних продуктів харчування пов'язане з розробкою нових високоефективних технологій і створенням нового технологічного обладнання.

Рослинна сировина — це основне джерело вуглеводів, вітамінів, органічних кислот, мінеральних солей, дубильних, ароматичних та інших цінних у харчовому і лікувальному відношенні речовин. Проте в процесі їх переробки за існуючими технологіями велика частина біологічно активних речовин втрачається, тому актуальним завданням є розробка нових способів переробки плодоовочевої сировини, що дають можливість зберегти харчову та біологічну цінність вихідної сировини.

Наразі існує велика кількість технологій виробництва концентрованих продуктів з рослинної сировини, таких як конфітюри, пасти, джеми, концентрати тощо. Однак виготовлення даних продуктів здійснюється за температур, близьких до 100° С. За таких режимів теплової обробки більша частина вітамінів руйнується і, як наслідок, біологічна цінність отриманих продуктів незначна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Виробництво концентрованих продуктів з натуральної рослинної сировини здатне підвищити їх харчову цінність, а виробництво їх на вітчизняних підприємствах, особливо в місцях зростання фруктів, овочів і ягід, тобто безпосередньо в сільських господарствах (як державних, так і приватних), дасть змогу знизити їх вартість і поліпшити якість кінцевого продукту.

Особливо актуальне виробництво концентрованих продуктів на основі вже наявного досвіду з переробки овочів (буряк, морква, гарбуз, кабачок), ягід і фруктів (чорна смородина, малина, вишня, слива, айва, груша, абрикоси та яблука), що є наймасовішою сировиною, яка має високі споживчі якості [1].

Цінність рослинної їжі в тому, що вона містить майже всі поживні і біологічно активні речовини, необхідні для нормального функціонування систем та органів людини. Наразі одним із нових фізичних методів обробки харчових продуктів є обробка за допомогою низькочастотних коливань [2].

Використання низькочастотних коливань у процесі сушіння, а саме: створення віброкиплячого шару, сприяє інтенсифікації процесу сушіння дисперсних матеріалів, розчинів і суспензій за рахунок поліпшення умов теплообміну між теплоносієм і продуктом, тобто сприяє оновленню масообмінної поверхні контакту фаз [3—6].

Нами запропоновано удосконалений спосіб виробництва роздільних концентратів на основі плодоовочевої сировини. Згідно з цим способом попередньо віджатий сік концентрують у вакуум-випарному апараті, а вичавки подрібнюють, сушать в умовах вібрації під вакуумом при температурі. Концентрований сік із підсушеними вичавками змішують і купажують.

Колірне сприйняття відноситься до одного з фундаментальних явищ, за допомогою яких ми усвідомлюємо предмети, що знаходяться навколо нас [7]. Під час вибору продукту споживачі керуються головним чином зоровою оцінкою:

- 87% — обирають продукт за їх зовнішнім виглядом і кольором;
- 3,5% — за ароматом;
- 1,5% — за дотиковими відчуттями;
- 1% — після опробування на смак;
- останні — через інші причини.

Колір отриманого продукту, у свою чергу, залежить від таких чинників [8]:

- вихідного кольору сировини та інгредієнтів, що входять до складу продукту;
- технологічних параметрів під час переробки рослинної сировини;
- додавання харчових добавок, що мають протекторну дію до кольору;
- штучних або природних барвників.

**Мета статті:** дослідження впливу режимів сушіння вібраційної вакуумної сушарки — амплітуди низькочастотних коливань на колориметричні показники рослинної сировини при виробництві роздільних концентратів.

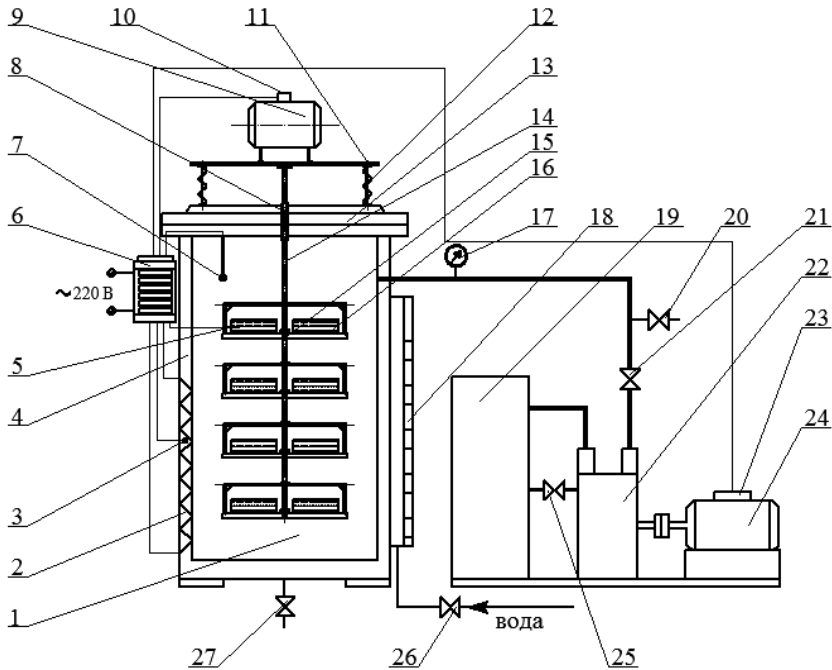
**Викладення основних результатів дослідження.** Вичавки з плодоовочевої сировини належать до грубих суспензій, а для сушіння такої сировини використовують сушарки з киплячим (псевдозрідженим) шаром або вібраційні сушарки. Вібраційні сушарки є одним із найбільш прогресивних типів апаратів для сушіння. Процес у киплячому шарі дає змогу значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу і сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу і скоротити тривалість сушіння.

Низькочастотні коливання діють на дисперсну систему, примушуючи частки втрачати контакт із віброуючими робочими органами, переходячи у стан віброкипіння. Також у процесі віброкипіння частки зменшуються, що підсилює циркуляцію та процес тепломасообміну. Відбувається розрихлення шару, що зменшує щільність середовища. Це є результатом дії на частки змушених сил, що перевершують сили їх тяжіння.

Для проведення процесу сушіння вичавок була розроблена вібраційна вакуумна сушарка (рис. 1).

Запропонована сушарка складається з робочої вакуум-камери 1, нагрівальних елементів 2, термопари 3, теплообмінної оболонки 4, шпичевої термо-

пари 5, блока керування 6, термопари 7, металевого ущільнювача 8, вібратора 9, датчика перетворення обертання вала двигуна 10, станини 11, амортизаційного пристрою 12, кришки 13, вала 14, дека для продукту 15, перфорованих лотків 16, манометра 17, мірного скла 18, бака 19, дросельного вентиля 20, вентиля 21, вакуум-насоса 22, датчика перетворення обертання вала двигуна 23, електродвигуна 24, вентиля 25, патрубку для підведення теплоносія 26, патрубку для відведення теплоносія 27.



**Рис. 1. Вібраційна вакуумна сушарка**

Реалізація сушіння здійснюється таким чином: рослинна сировина завантажується на деки 15 з перфорованими лотками 16, які опускають у робочу вакуум-камеру 1 та фіксуються на валу 14, що під'єднується до вібратора 9, який кріпиться на станині 11 з амортизаційним пристроєм 12 до кришки 13. Робоча вакуум-камера герметизується металевими ущільнювачами 8. За допомогою нагрівальних елементів 2 робочу камеру розігрівають до заданої температури, яку вимірюють термопарою 3. Вмикається вібратор. Встановлюють робоче витрачання води через вакуумний насос 22. Вмикається вакуум-насос та електродвигун 24.

Блок керування 6 вібраційної вакуумної сушарки дає змогу керувати технічними параметрами, зокрема температурою, для визначення якої в робочій камері встановлюється термопара 7, а у загальному об'ємі продукту використовуються шпигцева термопара 5. Для вимірювання та контролю тиску у вібраційній вакуумній сушарці встановлений електроконтактний манометр 16. З метою контролювання вібраційними параметрами встановлено датчики

10, 24 перетворення обертання вала двигуна, що забезпечує необхідну частоту механічних коливань.

Для стадії віброкипіння характерні два режими — сегрегації часток і їхнього інтенсивного перемішування. Результати проведених експериментальних досліджень сушіння вичавок при різних режимах роботи представлені на рис. 2. Залежно від технологічного завдання вибирається відповідний режим і на підставі цього проектується обладнання.

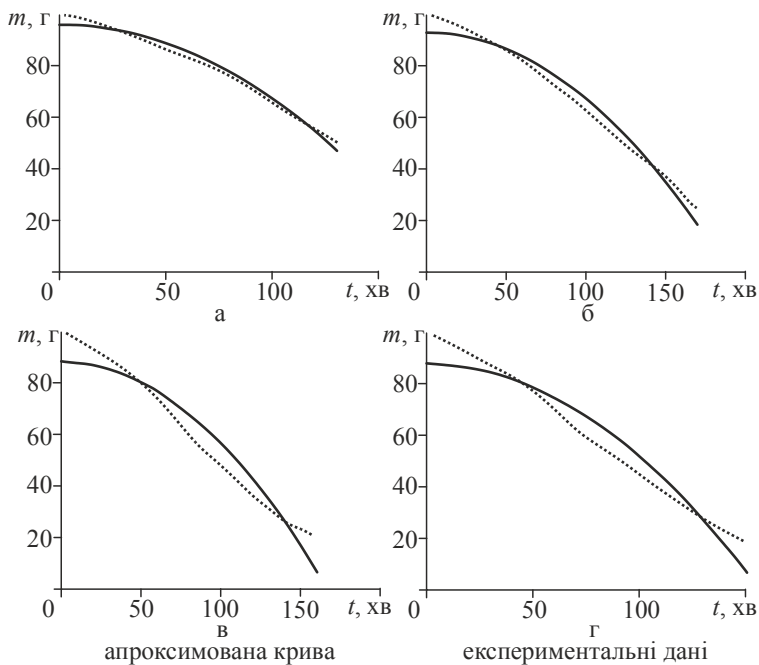


Рис. 2. Апроксимовані криві сушіння за амплітуди 0,005 м:

а — 0 Гц, б — 8 Гц, в — 8,5 Гц, г — 9 Гц

Для аналізу впливу механічних коливань на процес тепломасообміну проводилися теоретичні розрахунки і дослідження, а результати оброблялися в критеріях подібності. Значення  $Re_v$  підраховувалися за формулою (1):

$$Re_v = \frac{V_v \cdot d}{\nu}, \quad (1)$$

де  $Re_v$  — вібраційний критерій Рейнольдса;  $V_v$  — середнє значення швидкості коливань за один період, м/с;  $d$  — діаметр циліндра, м;  $\nu$  — коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

Аналізуючи розрахунки  $Re_v$ , ми визначили оптимальні режими віброобробки (амплітуда  $A = 0,005$  м, частота коливань 8...9 Гц), при яких продукт буде інтенсивно перемішуватися, а робочі органи віброгенератора будуть менш піддаватися зносу.

Колір роздільних концентратів передусім залежить від вихідного кольору сировини та компонентів, що входять до її складу. Забарвлення сировини обумовлено вмістом таких пігментів, як хлорофіл, каротиноїди та антоціани.

Ці сполуки вибірково поглинають світло у видимій частині спектра та надають продукту відповідного забарвлення.

Колориметрія — це наука про способи виміру кольору у його кількісному вираженні. Метод колориметрії, що полягає в розрахунку колірних характеристик аналізованого об'єкта на основі наявних спектральних параметрів, дає змогу як розрізнити спектрально близькі речовини, так і одержати додаткові відомості про їх.

Основний спосіб визначення кольору за допомогою інструментального методу полягає у розкладанні світлового потоку на спектральні компоненти і вимірюванні кожного компонента окремо, тобто отримання спектральних характеристик обраного об'єкта дослідження — спектрального коефіцієнта пропускання для прозорих і спектрального коефіцієнта відбиття для непрозорих зразків — у діапазоні видимого спектру.

Залежно від вигляду, стану продукту, а також вмісту барвних речовин колір характеризується такими поняттями: основний тон, насиченість, інтенсивність, відтінок, чистота, яскравість, світлота, домінуюча довжина хвилі.

Отримані дані проведених колориметричних досліджень показані в табл. 1.

*Таблиця 1. Колориметричні показники вичавок із рослинної сировини*

Вид теплової обробки	Координати кольоровості		Домінуюча довжина хвилі	Яскравість	Чистота кольору	Спектральний колір (домінуючий тон)
	$x$	$y$	$\lambda_{\text{нм}}$	$T, \%$	$P, \%$	
Вичавки до обробки	0,4803	0,4487	581,6	44,86	85,67	оранжевий
Вичавки висушені при атм. тиску	0,4295	0,4558	575,0	45,58	76,97	жовтий
Вичавки, висушені у ВВС ( $A = 0,005$ м)	0,4625	0,4541	581,4	44,838	84,67	оранжевий
Вичавки висушені у ВВС ( $A = 0,009$ м)	0,4637	0,4394	580,3	43,94	79,84	жовтогарячий

Результати визначення характеристик кольору для сушених вичавок вказують на істотну зміну його тону відносно контролю, при цьому спостерігається зменшення значення тону кольору вичавок, висушених при атмосферному тиску, та збільшення значення колориметричної чистоти у всіх режимах сушіння під вакуумом.

Експерименти доказали, що запропоновані та досліджені параметри обробки вичавок з рослинної сировини дають змогу значно підвищити органолептичні показники кінцевого продукту, тобто сприяють збереженню кольору вихідної сировини.

### **Висновки**

Аналіз результатів експериментів показав, що застосування вібрації в процесі сушіння досліджуваних зразків сприяє прискоренню тепломасообмінних

процесів. Це пояснюється тим, що вібрація сприяє перемішуванню, що призводить до збільшення масообмінної площі контакту фаз. Розглянута конструкція вібраційної вакуумної сушарки для сушіння рослинної сировини. Розрахований вібраційний критерій Рейнольдса  $Re_v$ , аналіз якого дав змогу визначити раціональні режими віброобробки вичавок. Експерименти показали, що застосування вібрації скорочує тривалість процесу сушіння, а також забезпечує значне підвищення органолептичних показників кінцевого продукту — сприяє збереженню кольору вихідної сировини. Дослідження колориметричних характеристик довели перевагу використання процесів виробництва роздільних концентратів за запропонованим способом.

### **Література**

1. *Кінтєла Л.В.* Паста з дикорослих плодів і ягід /Л.В. Кінтєла, Н.А. Афукова, О.В. Загуменна // Харчування і суспільство. — № 8. — 2000. — С. 23.
2. *Домарецький В.А.* Технологія екстрактів, концентратів і напоїв з рослинної сировини. — Москва : ФОРУМ, 2007. — 444с.
3. *Промтов М. А.* Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : учеб. пособие / М.А. Промтов. — Москва : Машиностроение-1, 2004. — 136 с.
4. *Урьев Н.Б.* Пищевые дисперсные системы / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — Москва : Агропромиздат, 1985. — 296 с.
5. *Иванов Е.Л.* Новые физические методы обработки пищевых продуктов. Лекция для студентов технологического факультета / Е.Л. Иванов. — Львов, 1982. — С. 20—48.
6. Пат. 113473 Україна, МПК А23В 7/005 (2006.01), А23L 2/00. Спосіб виробництва роздільного концентрату з плодоовочевої сировини / Сардаров А.М., Маяк О.А., Михайлов В.М., Маяк В.І. (Україна); заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. — 201608400; заявл. 29.07.2016; опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.
7. *Герасимов А.В.* Идентификация окрашенных веществ в тонкослойной хроматографии с применением компьютерной обработки / А.В. Герасимов, И.И. Малахова, В.Д. Красиков // Журнал прикладной химии. 2000. — Т. 73. № 10. — С. 1640—1644.
8. *Родина Т.Г.* Сенсорный анализ продовольственных товаров: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Тамара Григорьевна Родина. — Москва : Издательский центр «Академия», 2004. — 208 с.

## IMPROVING THE CHAMBER FOR THERMAL TREATMENT OF SAUSAGE PRODUCTS

I. Babanov, O. Babanova, S. Beseda

*National University of Food Technologies*

A. Shevchenko

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

---

**Key words:**

*Air-flue mixture  
Manufactured meats  
Heat chamber  
Conditioner  
Smoketender unit*

**Article history:**

Received 18.09.2017  
Received in revised form  
06.10.2017  
Accepted 24.10.2017

**Corresponding author:**

I. Babanov  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The results of experimental studies of the fields of velocity and temperature in a thermocouple with a pulsating flow of heat carrier for the processing of sausage products are presented. On the basis of the obtained data, the most effective form of supply of smoke-air mixture is established. The perspective of a local approach is shown for the development of measures to improve the efficiency of the technological process. It is known that the working mixture used in the heat treatment chamber for sausage products is a heterogeneous binary system. The processes of heat exchange are accompanied by condensation of vapors from moist air on the surface of products or evaporation of the liquid. However, the presence of the working mixture flow influences the nature of the mixture flow in the boundary layer as well as the intensity of the processes of heat and mass transfer, in such a way that the convective heat transfer for this type of flow is predominant.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-7

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ КАМЕРИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, С.Д. Беседа

*Національний університет харчових технологій*

**А.О. Шевченко**

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті наведено результати експериментальних досліджень полів швидкості і температури в термокамері з пульсуючою подачею теплоносія для оброблення ковбасних виробів. На основі аналізу отриманих даних встановлено найбільш ефективну форму подачі димоповітряної суміші. Показано перспективність локального підходу для розробки заходів щодо підвищення ефективності технологічного процесу. Відомо, що використовувана в камері теплового оброблення ковбасних виробів робоча суміш являє собою гетерогенну бінарну систему. Процеси теплообміну супроводжуються конденса-*



*цією пари з вологого повітря на поверхні виробів або випаровуванням рідини. Однак наявність потоку робочої суміші впливає на характер протікання суміші в граничному шарі та інтенсивність процесів тепло- і масопереносу таким чином, що преваючим є конвективний теплообмін для даного типу течії.*

**Ключові слова:** димоповітряна суміш, ковбасні вироби, термокамера, кондиціонер, димогенератор.

**Постановка проблеми.** Однією з необхідних умов підтримання якості і зменшення втрат маси ковбасних виробів при термообробленні повітряним, пароповітряним і димоповітряним середовищами є рівномірне розподілення температурних, вологістних і швидкісних полів теплопередаючого середовища в робочому об'ємі камери. Рівномірність розподілення теплопередаючого середовища залежить від способу подачі і конструкції системи повітророзподілення.

Основні причини цього положення пов'язані з недоліками при проектуванні камер теплового оброблення та надійністю роботи їх, відсутністю організованого рівномірного повітророзподілення, а також наявністю різноманіття технічних засобів для копчення і сушіння ковбасних виробів (автокоптильні, камери шахтного і тунельного типу; сушарки з різними системами повітророзподілення).

Раціональним удосконаленням технології виробництва ковбасних виробів є об'єднання процесів теплового оброблення в одній камері і застосування енергозощадних засобів.

Запропонований спосіб ведення процесу теплового оброблення ковбасних виробів має суттєві переваги порівняно з традиційними способами. Попередні підрахунки і проведені дослідження доводять, що скорочується тривалість робочого циклу на 10—15%, знижуються енергетичні витрати приблизно на 20%, знижуються втрати готового продукту від усушки на 0,3%, підвищується продуктивність праці і зменшується трудовитрати. Інтенсивність процесів тепломасообміну може бути збільшена на 30% за рахунок посилення турбулентності потоків димоповітряної і повітряної (робочої) суміші в зоні оброблення ковбасних виробів.

**Метою статті є** оцінювання ефективності застосовуваних методів і систем повітророзподілення, а також розроблення рекомендацій щодо раціонального їх вибору для теплових апаратів м'ясопереробної промисловості.

**Викладення основних результатів досліджень.** Термокамера для теплового оброблення ковбасних виробів містить теплоізольовану термокамеру, транспортер всередині камери для переміщення рам з виробами, кондиціонер і димогенератор, а також систему пульсуючого повітророзподілення, яка складається з вентилятора, припливного повітропровода, двох повітророзподільних каналів, механізму, що перемикає подачу повітряного або димоповітряного середовища в повітророзподільні канали, заслонку і витяжного каналу.

При тепловому обробленні ковбасних виробів виконується послідовне оброблення в режимах утеплення, копчення та сушіння.

При проведенні утеплення вентилятором робоча суміш подається в повітророзподільні канали. При цьому робоча суміш проходить через кондиціонер

і систему пульсуючого повітророзподілення, обдуваючи вироби на рамах і через відсмоктуючий повітрохід направляє у вентилятор на рециркуляцію. При копченні задані параметри димоповітряного середовища підтримуються шляхом зміни кількісного співвідношення повітря, попередньо опрацьованого в кондиціонері, димоповітряної суміші, яка подається від димогенератора, і димоповітряної суміші, яка відсмоктується з термокамери. Потоки повітря і димоповітряної суміші змішуються в приточному повітроході (безпосередньо за вентилятором). При сушінні працює тільки кондиціонер, який забезпечує задані параметри повітряного середовища шляхом зміни кількісного співвідношення внутрішнього (рециркуляційного) повітря і повітря, опрацьованого в кондиціонері.

Система пульсуючого повітророзподілення працює таким чином: робоча суміш вентилятором подається в припливний повітропровід, потім у повітророзподільні канали. Повітророзподільчі канали обладнані заслінками, з'єднаними з механізмом переключення ланцюговою передачею. Механізм переключення по черзі відкриває заслінки, створюючи таким чином пульсуючі припливні струмені, що подаються в зону розміщення виробів. Відбір відпрацьованого середовища через витяжний канал здійснюється постійно. Відпрацьоване середовище змішується з повітрям, що виходить з кондиціонера, або димоповітряним середовищем, що подається від димогенератора, а потім вентилятором знову подається до повітророзподільних каналів.

Задані параметри середовища і технологічні режими регулюються автоматично.

Повітророзподільчі канали виконані у вигляді повітроходів прямокутного перетину, який не змінюється по довжині термокамери, і розташовані у верхній зоні камери. Витяжний канал виконаний також у вигляді повітроходу постійного прямокутного перетину і розміщений у верхній зоні камери (схема повітророзподілення «зверху–догори»). Повітряне або димоповітряне середовище в термокамеру подається через круглі сопла конічної форми з діаметром вихідного отвору  $d_{\text{вих}} = 60$  мм. Сопла в повітророзподільних каналах розташовані в один ряд (по 60 шт. в кожному каналі) так, що припливні струмені входять в робочу зону (зона розташування виробів) знизу. У витяжному каналі розміщені плоскі сопла круглої форми, які мають діаметр вхідного отвору  $d_{\text{вх}} = 80$  мм. Через сопла, розташовані в два ряди (по 60 шт. в кожному ряді), відбувається забір відпрацьованої повітряного або димоповітряного середовища знизу на гору. Відповідно, рух циркуляційних потоків у робочій зоні здійснюється за схемою «знизу–догори» (потоки рухаються вздовж ковбасних батонів).

Для дослідження системи повітророзподілення були виміряні швидкість руху і температура повітряної й димоповітряного середовища на подачі і в найбільш характерних точках робочої зони термокамери.

Максимальна швидкість руху припливного середовища при відкритій заслінці в середньому складає 10—11 м/с, мінімальна (при закритій заслінці) — 1—2 м/с. В момент відкривання заслінки в лівому повітророзподільному каналі швидкість руху мінімальна, а на виході із сопел правого повітророзподільного каналу максимальна і навпаки. При цьому швидкість руху

припливного середовища змінюється за синусоїдальним законом, причому вершини синусоїд зсунуті на  $90^\circ$  (коли в лівому повітродозподільному каналі заслінка відкрита, а в правому — закрита). Швидкість руху відпрацьованого повітряного і димоповітряного середовища на вході в сопла витяжного каналу змінюються також за синусоїдальним законом, але із значно меншою амплітудою коливань. Відхилення поточного значення швидкості від середнього значення на початку не перевищує 3%, а в кінці його — 1%.

Попередньо термокамера умовно була розділена на три зони: перша — розповсюдження припливного потоку до дотикання з виробами (зона притоку); друга — розповсюдження потоку у поверхні виробів (робоча зона); третя — розповсюдження потоку після дотику з виробами (зона витяжки).

Найбільший інтерес являє характер руху потоку в робочій зоні термокамери. Але на характер його руху й розподілення в робочій зоні безпосередньо впливають швидкість і напрям руху потоку в зоні притоку. Тому вимірювання швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища в цих зонах проводили з урахуванням особливостей кожної з них.

У зоні притоку вимірювали: швидкість руху припливного середовища на виході з сопла; швидкість руху середовища на відстані 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 м від кромки сопла по центру і по ширині струменя; швидкість руху середовища на виході із зони на рівні нижньої площини рами з виробами.

У робочій зоні вимірювали: швидкість руху середовища в об'ємі однієї рами з виробами; швидкість руху середовища по довжині зони; швидкість руху середовища по ширині зони; швидкість руху середовища по висоті зони.

У результаті проведених вимірювань визначена загальна картина розподілення циркуляційних потоків в об'ємі термокамери. Після виходу з сопла припливний струмінь поступово розширюється за рахунок ежекції оточуючого середовища і на певній відстані від сопла зливається зі струменями, що витікають з інших сопл. Утворений потік насталяється на бічну стінку камери, потім на підлогу і змінює напрям руху. Далі потік проходить через зону розміщення виробів і видаляється через сопла витяжного каналу.

Середня швидкість  $W_0$  припливного середовища зменшується по довжині термокамери, що пояснюється постійним поперечним перерізом повітродозподільних каналів. Однак це зменшення незначне (не більше 0,5 м/с), при цьому середня швидкість руху середовища на вході в робочу зону рівна 0,35 м/с і майже не змінюється по довжині термокамери; швидкість на виході з робочої зони зменшується від 0,3 до 0,2 м/с. менше значення  $W_{\text{вих.р.з.}}$  порівняно з  $W_{\text{вих.р.з.}}$  пояснюється втратою напору внаслідок опору виробу.

Нами отримано зміну швидкості руху середовища в об'ємі термокамери:  $W_{\text{д.р.з.}}$  — по довжині робочої зони;  $W_{\text{в.р.з.}}$  — по висоті робочої зони;  $W_{\text{ш.р.з.}}$  — по ширині робочої зони. Середня швидкість  $W_{\text{д.р.з.}}$  змінюється від 0,35 до 0,25 м/с (зменшується по довжині робочої зони), швидкість  $W_{\text{в.р.з.}}$  зменшується в міру проходження зони розміщення продукту також від 0,35 до 0,25 м/с (у напрямку до зони витяжки), а швидкість  $W_{\text{ш.р.з.}}$  знаходиться в межах 0,28—0,33 м/с і незначно зменшується по краях робочої зони внаслідок впливу зворотних потоків, що виникають поблизу зон розкриття припливних струменів.

Таким чином, при вимірюванні середньої швидкості припливного повітряного або димоповітряного середовища, що подається в термокамеру, від 5,8 до 6,3 м/с швидкість його руху по довжині і висоті робочої зони знаходиться в межах 0,25—0,35 м/с, а по ширині — 0,28—0,33 м/с. Відповідно, при системі пульсаційного повітророзподілення досягаються рівномірні поля руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, тому що максимальна зміна швидкості по довжині робочої зони, рівної 18 м, і її висоті, рівній 1,2 м, не перевищує 0,1 м/с (по ширині робочої зони, рівної 1,8 м, зміна швидкості складає всього лише 0,05 м/с).

Враховуючи, що швидкість 0,35 м/с спостерігається на нижньому рівні робочої зони, а швидкість 0,25 м/с — у верхньому рівні робочої зони, можна прийняти, що система пульсаційного повітророзподілення підтримує швидкість руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні, рівній  $W_{p.z.} = 0,3$  м/с, при діапазоні зміни  $\pm 0,05$  м/с.

На основі отриманих експериментальних даних визначені основні показники системи повітророзподілення: повітряне навантаження, ступінь рівномірності розподілення полів руху середовища в робочій зоні термокамери і ефективність використання припливного середовища.

Повітряне навантаження на систему повітророзподілення характеризується кратністю повітрообміну  $n_v$  (год<sup>-1</sup>) і питомим повітряним навантаженням  $V_{пит}$  (м<sup>3</sup>/(м·год)):

$$n_v = \frac{V_{год}}{V}; \quad (1)$$

$$V_{пит} = \frac{V_{пит}}{F}, \quad (2)$$

де  $V_{год}$  — витрата повітряного (димоповітряного) середовища, м<sup>3</sup>/год;  $V$  — об'єм термокамери, м<sup>3</sup>;  $F$  — площа термокамери, м<sup>2</sup>.

За відомим значенням  $V_{год}$ ,  $V$  та  $F$  визначаємо:  $n_v = 46$  год<sup>-1</sup>;  $V_{пит} = 138$  м<sup>3</sup>/(м·год).

Для порівняльного аналізу отриманих показників були визначені кратність повітрообміну  $n_v$  і питоме повітряне навантаження  $V_{пит}$  для систем повітророзподілення припливного середовища через перфоровані панелі прямокутного перетину конструкції ЛЮТ і перфоровані панелі прямокутного перетину, розміщені над кожним рядом рам. Вказані системи характеризуються найбільш рівномірним розподілом повітряних потоків порівняно з іншими відомими системами. У системах, що розглядаються швидкість руху середовища в робочій зоні на рівні 0,3 м/с може бути досягнута при кратності повітрообміну, відповідно, 64 год<sup>-1</sup> і 86 год<sup>-1</sup> і питомому повітряному навантаженні, відповідно, 192 м<sup>3</sup>/(м·год) і 258 м<sup>3</sup>/(м·год). Таким чином, кратність повітрообміну і питоме повітряне навантаження на систему повітророзподілення через перфоровані канали на 39% більше відповідних показників системи пульсаційного повітророзподілення. Для системи повітророзподілення через перфоровані панелі значення показників  $n_v$  і  $V_{пит}$  збільшується на 87%. Відповідно, система пульсаційного повітророзподілення характеризується

меншими енерговитратами на розподілення середовища із заданою швидкістю руху в робочому об'ємі термокамери.

Ступінь рівномірності розподілення полів руху повітряного і димоповітряного середовища характеризується коефіцієнтом нерівномірності по швидкості:

$$K_w = \frac{\sigma_w}{W_{p.з.}} \quad (3)$$

де  $\sigma_w$  — середньоквадратичне відхилення швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища;  $W_{p.з.}$  — середня швидкість руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, м/с.

Середньоквадратичне відхилення швидкості повітряного і димоповітряного середовища визначається за формулою:

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\sum (W_i - W_{p.з.})^2}{N - 1}}, \quad (4)$$

де  $W_i$  — поточне значення швидкості руху повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери, м/с;  $W_{p.з.} = 0,3$  м/с;  $N$  — кількість вимірів.

Підставляючи в формулу (4) значення швидкості  $W_{p.з.}$ , а також значення  $W_i$ , виміряні дослідним шляхом, знаходимо  $\sigma_w = 0,12$ . При цьому  $K_w = 0,4$ .

При розподіленні повітряного середовища через перфоровані канали і панелі прямокутного перетину коефіцієнт нерівномірності  $K_w$  дорівнює 0,5—0,7 [2]. Відповідно, середньоквадратичне відхилення  $\sigma_w$  складає 0,15—0,21 (при  $W_{p.з.} = 0,3$  м/с). Таким чином, система пульсаційного повітророзподілення дає змогу отримати більш рівномірне розподілення повітряного і димоповітряного середовища в робочій зоні термокамери порівняно із системами повітророзподілення через перфоровані канали і панелі.

Ефективність використання припливного середовища в робочій зоні термокамери визначали з допомогою коефіцієнта повітрообміну:

$$K_B = \frac{t_{\text{вих}} - t_o}{t_{p.з.} - t_o}, \quad (5)$$

де  $t_{\text{вих}}$  — середня температура відпрацьованого середовища на виході з термокамери (на вході в сопла витяжного каналу), °С;  $t_o$  — середня температура припливного середовища на вході в термокамеру (на виході із сопел повітророзподільних каналів), °С;  $t_{p.з.}$  — середня температура середовища в робочій зоні термокамери, °С.

За експериментальними даними визначаємо, що  $K_B = 1,15$ . Отримане значення коефіцієнта повітрообміну свідчить про високу ефективність використання припливного середовища в робочій зоні термокамери при системі пульсаційного повітророзподілення і знаходиться в межах, які характеризують найбільш досконалі системи аналогічного призначення.

## **Висновки**

На основі експериментальних досліджень, виконаних у термокамері, яка обладнана системою пульсаційного повітрярозподілення, можна стверджувати,

що досліджувана система повітророзподілення дає змогу зменшити кратність повітрообміну і питома повітряне навантаження, а, відповідно, і витрату електроенергії на розподілення повітряного і димоповітряного середовища в робочому об'ємі термокамери, а також енерговитрати на його обробку в кондиціонуючій установці (безпосередньо в кондиціонері або димогенераторі). Оброблення ковбасних виробів повітряним або димоповітряним середовищем у термокамері за схемою «згори–на гору» забезпечує рівномірне розподілення полів руху і, як наслідок, температурних і вологісних полів. На основі зроблених висновків систему пульсаційного повітророзподілення можливо рекомендувати до впровадження в термокамерах та інших апаратах для теплового оброблення ковбасних виробів.

### **Література**

1. Бражников А.М. Кондиционирование воздуха на предприятиях мясной и молочной промышленности / А.М. Бражников, Н.Д. Малова. — Москва : Пищевая промышленность, 1979 — С. 265.
2. Бражников А.М. Теория термической обработки мясopодуКТов/ А.М. Бражников. — Москва : Агрпромиздат, 1987. — 270 с.
3. Тепловая обработка колбасных изделий в термокамере с пульсационным воздухо-распределением / Э.Я. Эпик, И.Г. Бабанов // Промтеплотехника, 1990. — № 1. — С. 37—42.
4. Бабанов І.Г. Дослідження процесів теплової обробки сирокочнених ковбас в потоці при пульсуючій подачі робочої суміші / І.Г. Бабанов // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2012. — № 43. — С. 44—47.
5. Пат. Україна, МПК А22С 11/00. Пристрій для теплової обробки ковбасних виробів / І.Г. Бабанов, С.Д. Беседа — № 89046; заявл. 28.10.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.
6. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова, В.М. Михайлов, А.О. Шевченко // Scientific Works of University of Food Technologies. — Plovdiv, 2015. — V. LXII. — P. 763—766.
7. Пат. Україна, МПК А22С 11/00. Пристрій для теплової обробки ковбасних виробів / І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова — № 116506; заявл. 30.11.2016; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10.

УДК: 621.798.3:004.4 (043.3)

## METHODOLOGICAL BASICS OF CREATION OF MECHATRONIC MODULES' FUNCTIONAL CLUSTERS OF PACKING EQUIPMENT

M. Iakymchuk, O. Gavva

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Mechatronic module  
Clusters  
Module element  
Structural synthesis*

**Article history:**

Received 12.09.2017  
Received in revised form  
04.10.2017  
Accepted 15.10.2017

**Corresponding author:**

M. Iakymchuk

**E-mail:**

mykolaiiakymchuk.2016  
@gmail.com

---

**ABSTRACT**

Swift development of nanotechnologies that is accompanied by the miniaturization of executive modules and components allowed to create new technical equipments for packing. Their creation is possible by the use of the functional mechatronic modules. Concept of the use of mechatronic principle of planning that allows the formation of libraries of module elements' functional clusters and their subsequent merger with each other that allows to create a wide line of mechatronic modules' parametric series of packing equipment is examined in the article. Scientific approach of forming of functional groups of clusters is established on the basis of undertaken analytical studies, the process of sorting of module elements is considered in functional clusters by introduction of initial criteria and carrying out the function to cost analysis of module elements of the same type in each generated functional area.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-8

---

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

М.В. Якимчук, О.М. Гавва

Національний університет харчових технологій

*Стрімкий розвиток нанотехнологій, що супроводжуються мініатюризацією виконавчих модулів і компонентів дав змогу отримати нові технічні засоби пакування. Їх створення відбувається шляхом використання функціональних мехатронних модулів. У статті розглядається концепція використання мехатронного принципу проектування, який надає можливість утворювати бібліотеки функціональних кластерів модуль-елементів і поєднувати їх між собою, створюючи широкую лінійку параметричних рядів мехатронних модулів пакувального обладнання. На основі проведених аналітичних досліджень обґрунтовано науковий підхід формування функціональних груп кластерів, розглянуто процес сортування модуль-елементів у функціональні кластери шляхом введення початкових критеріїв і проведення функціонально-вартісного аналізу однотипних модуль-елементів кожної утвореної функціональної області.*

**Ключові слова:** мехатронний модуль, кластери, модуль-елемент, структурний синтез.

**Постановка проблеми.** Враховуючи кризові явища в економіці, реалії сьогодення пакувальної індустрії характеризуються нестабільністю та непрогнозованістю номенклатури ринку пакованої продукції, його залежністю від фінансового стану споживача, що потребує від виробників суттєвих кроків щодо особливих вимог до пакувального обладнання.

При цьому має згортатися виробництво великих партій однотипних пакованих харчових продуктів, а натомість — швидке переналагодження залежно від кон'юнктури ринку та інші види виробів, інші типи упаковок за ємкістю, дизайном, зручністю користування тощо.

З огляду на це подальше вдосконалення і розвиток пакувального обладнання має відбутись з тенденцією гнучкості виробництва, здатного легко і швидко переналагоджуватись на випуск продукції, якої ринок потребує сьогодні.

Протягом тривалого часу провідним напрямком вирішення цієї проблеми була модернізація існуючих зразків пакувального обладнання, спрямована на збільшення виконуваних ним допоміжних функцій. Однак такий підхід поступово вичерпує свої можливості і потребує зміни філософії методів проектування на основі використання функціональних мехатронних модулів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням, пов'язаним з розвитком і проектуванням пакувального обладнання останнім часом приділяється велика увага [1]. Проглядається тенденція взаємозв'язку між сучасними технологічними процесами пакування та пакувальним обладнанням як невід'ємною складовою розвитку автоматизованих та роботизованих ліній пакувальних [2]. Так, у [3; 4] описані конструкції пакувального обладнання та наведені методики розрахунків і підбору робочих органів механізмів та пристроїв. В особливу групу можна об'єднати праці, у яких наведені методики формування обладнання з мехатронних модулів [5; 6]. Однак цілісна методологія підбору, формування кластерів (груп) модуль-елементів та проектування з них функціональних мехатронних модулів у цих працях відсутня.

**Мета дослідження:** розробка методологічних засад створення функціональних кластерів (груп) модуль-елементів мехатронних модулів пакувальних машин шляхом підбору окремих їх зразків за попередньо встановленими критеріями.

**Викладення основних результатів дослідження.** Конструктивну, технологічно завершену типову або стандартну збірну одиницю, яка має індивідуальну документацію на виготовлення, пройшла функціональну перевірку і готова до монтажу, називають «модуль-елементом» [7]. Виділено [6] три види модуль-елементів: виконавчі, апаратні та інформаційні.

До виконавчих модуль-елементів відносяться механізми з пневматичним, гідравлічним або електричним приводом. Апаратні модуль-елементи включають блоки керування приводом з уніфікованими каналами зв'язку і постійними габаритними розмірами. Інформаційні модуль-елементи забезпечують отримання інформації, необхідної для функціонування системи керування та визначення стану навколишнього середовища. Для кожної функціональної



групи модуль-елементів можна сформувати масив з елементів різної фізичної природи. Масив, або бази даних, дає можливість ефективно здійснювати проектування пакувальних машин.

Відомі дві основні методики підбору модуль-елементів [8; 9]. Перша методика базується на основі уніфікації модуль-елементів. Для цього використовується метод статичного аналізу елементів. За визначенням даної методики надійними й технологічними вважають однотипні елементи, що найбільш широко використовувались у різних зразках обладнання. Такі елементи можна розглядати як модуль-елементи для формування функціональних груп. Недоліком такої методики є відсутня або обмежена інформація на нові вироби модуль-елементів, які за незначний час експлуатації мали порушення в роботі, що не дає можливості провести їх повноцінний статичний аналіз. Як наслідок, застосування такої методики для формування функціональних груп призведе до використання морально застарілих модуль-елементів, які відрізнятимуться великою надійністю та якістю виготовлення, однак матимуть збільшені енерговитрати, габарити, питому вагу та обмежені функціональні можливості тощо.

Друга методика базується на основі теорії «наступності», яка передбачає, що конструкція будь-якого обладнання існує й розвивається в єдності та взаємодії змінних і повторюваних елементів та повинна оцінюватись комплексно за допомогою двох критеріїв — новизни системи й повторюваності елементів, з яких складається обладнання, їх зв'язків і взаємодії.

Для розгляду послідовності формування пакувального обладнання з мехатронних модулів використаємо базові принципи другої методики. Прийmemo твердження, що будь-який мехатронний модуль пакувального обладнання ( $P$ ) можна навести у вигляді взаємодії повторювальних ( $M_n$ ) та змінних ( $M_3$ ) модулів-елементів:

$$P = P(M_n, M_3). \quad (1)$$

Удосконалення пакувального обладнання за теорією наступності передбачає заміну старих змінних ( $M_3$ ) модуль-елементів на нові ( $M_3$ )<sub>n</sub>. Така заміна можлива лише у випадку, коли нові модуль-елементи за своїми параметрами приєднувальних і габаритних розмірів, величини напруг, струмів, тиску повітря будуть повністю збігатися зі старими або лежатимуть у межах допустимих відхилень. Використовуючи теорію впорядкування структури технічної системи методами багатомірної класифікації, більш відомими як методи кластерного аналізу, наведено будь-який функціональний мехатронний модуль як сукупність змінних різно-функціональних модуль-елементів  $M_{i,j}$  із заданою кількістю кінцевих значень:

$$M_{i,j} = (X_{i,1}, \dots, X_{i,g}, \dots, X_{i,n})_j, \quad (2)$$

де  $g = \overline{1, n}$  — змінна кількість кінцевих значень.

Класифікація таких модуль-елементів методом сортування на однорідні групи за заданими технічними параметрами називається кластерами [7; 9].

Кожний модуль-елемент ( $X_{i,n}$ ) має власні технічні й технологічні параметри, які в загальному вигляді можна навести вектором:

$$X_{i,j}^{n(i)} = \|d_{i,\gamma,\beta}\|_j. \quad (3)$$

Якщо врахувати, що на початок сортування було скінченне число модуль-елементів із різними технологічними параметрами, то формування кластера можливе за умови визначення одного або декількох із них як основних критеріїв формування:  $d_\gamma$ , де  $\gamma = \overline{1, n}$ , або  $d_{\gamma,\beta}$ , де  $\gamma = \overline{1, n}$ ,  $\beta = \overline{1, n}$ .

Припустимо, що утворені кластери ( $A_k$ ) складаються з  $N$ -кількості модуль-елементів, які відповідають заданим критеріям підбору. Відповідно, отримана кількість кластерів повинна мати не менше модуль-елементів за початкову кількість, тобто

$$M_{i,j}^{A_k} \subset M_{i,j}, \quad (4)$$

за умови:

$$\sum_i \sum_j M_{i,j}^{A_k} = M_{i,j}. \quad (5)$$

Такий варіант формування є ідеальним і тому малоімовірним. Існує ряд модуль-елементів, які частково відповідають заданим критеріям формування.

Похибка відхилення технологічних параметрів модуль-елементів від заданих критеріїв визначається:

$$\left[ (d_{\gamma,\beta_{\max}} - d_{\gamma,\beta_{\min}}) / d_{\gamma,\beta_{\text{сер}}} \right] \cdot A_k \leq R, \quad (6)$$

і попередньо обмежується граничним значенням від 5% до 15%, що дає можливість у подальшому відбракувати модуль-елемент під час сортування.

Метод сортування змінних модуль-елементів для мехатронних модулів передбачає таку послідовність дій: приймаємо, що існує  $N$ -конструкцій однотипних модуль-елементів різної природи  $X_{i,1}, \dots, X_{i,g}, \dots, X_{i,n}$ .

Для утворення кластера введемо початкові критерії сортування. Серед найбільш використовуваних є габаритні  $d_{i,\beta=1} = l_g$ , приєднувальні розміри модуль-елементів  $d_{i,\beta=1} = b$  та частота їх використання  $m_g$ .

Початкові умови наведемо у вигляді матриці розміром  $N \cdot 3$ , а множину  $N$ -конструкцій модуль-елементів — статичним рядом спостережень над двомірною генеральною сукупністю, в якій значення  $(l_g, b_g)$  зустрічаються  $m_g$  раз.

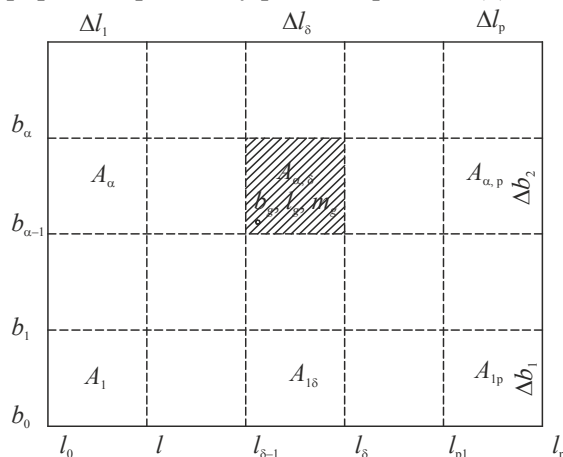
Припустимо, що генеральна сукупність характеризується щільністю  $f(l, b)$ , яка є мультимодульним розподіленням. Попереднє поділення на кластери здійснюємо шляхом знаходження мод функції щільності  $M_0$ . Для цього межі зміни кожного заданого критерію поділяємо на інтервали з кроком

$$\Delta b_\alpha (\alpha = \overline{1, g}), \Delta l_\delta (\delta = \overline{1, p}). \quad (7)$$

Довжину кроків визначаємо шляхом перебору і перевіряємо за умови максимального відхилення отриманих інтервалів від їх середини в межах заданих значень похибки  $R$ .

$$\frac{\Delta b_\alpha}{2(b_0 + \sum_1^\alpha \Delta b_\alpha - \frac{\Delta b_\alpha}{2})} = R, \quad \frac{\Delta l_\delta}{2(l_0 + \sum_1^\delta \Delta l_\delta - \frac{\Delta l_\delta}{2})} = R. \quad (8)$$

Графічна інтерпретація розв'язку рішення рівнянь (8) наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Область формування кластера однотипних модуль-елементів за заданими критеріями  $f(l_g, b_g)$  в межах похибки:  $b_{\alpha-1} - b_\alpha = \Delta b_\alpha$ ;  $l_{\delta-1} - l_\delta = \Delta l_\delta$

З отриманої області підраховуємо кількість сформованих кластерів і спостережень, які потрапили в прямокутник  $A_{\alpha\delta}$  зі сторонами  $(b_{\alpha-1}, b_\alpha)$  і  $(l_{\delta-1}, l_\delta)$ , за умов  $(b_{\alpha-1}, b_\alpha)$ ,  $l_{\delta-1} - l_\delta = \Delta l_\delta$ .

Після прийняття додаткових обмежень типу

$$\varepsilon_{\alpha\delta} \begin{cases} 1, & \text{якщо } X_g \in A_{\alpha\delta}; \\ 0, & \text{якщо } X_g \notin A_{\alpha\delta}, \end{cases} \quad (9)$$

визначимо кількість об'єктів, які потрапили в прямокутник  $A_{\alpha\delta}$

$$\bar{N}_{\alpha\delta} = \sum_{g=1}^N \varepsilon_{\alpha\delta g}. \quad (10)$$

Загальна кількість спостережень в одному прямокутнику становитиме:

$$M_{\alpha\delta} = \sum_{g=1}^N m_g \cdot \varepsilon_{\alpha\delta g}. \quad (11)$$

Якщо задатись кінцевим значенням функції щільності  $M_0$ , то прямокутники, в яких виконується умова  $M_{\alpha\delta} > M_0$ , є кластерами. Тобто модуль-

елементи, що відповідають заданим критеріям підбору та знаходяться в певних допустимих межах  $b_{\alpha-1} < b_g \leq b_\alpha$ ,  $l_{\delta-1} < l_g \leq l_\delta$ , потрапили в кластер  $A_{\alpha\delta}$ . Загальна кількість елементів кластера  $A_{\alpha\delta}$  залежить від значення функції щільності  $M_{\alpha\delta}$ . Центр тяжіння кластера визначаємо з рівнянь:

$$\bar{b}_{\alpha\delta}^{(1)} = \frac{1}{M_{\alpha\delta}} \sum_{g=1}^N m_g \cdot b_g \cdot \varepsilon_{\alpha\delta g} ; \quad (12)$$

$$\bar{l}_{\alpha\delta}^{(1)} = \frac{1}{M_{\alpha\delta}} \sum_{g=1}^N m_g \cdot l_g \cdot \varepsilon_{\alpha\delta g} . \quad (13)$$

Послідовність операцій проведення структурного синтезу мехатронних модулів із використанням функціональних груп кластерів наведено у вигляді блок-схеми (рис. 2). Вирішення задачі структурного синтезу відбувається в два етапи. На першому етапі визначається обмежена кількість модуль-елементів у кожному кластері шляхом введення початкових критеріїв. Пошук проводиться шляхом відсікання всіх конструкцій, які не задовольняють прийнятні критерії. Як наслідок, задача зводиться до задачі другого рівня складності та вирішується методом перебору та порівняння функціонально-вартісних характеристик різнотипних модуль-елементів у кожному кластері. Для проведення структурного синтезу мехатронних модулів за запропонованою блок-схемою був розроблений відповідний математичний апарат, підпрограми якого були адаптовані до використання баз даних модуль-елементів різних виробників через мережу Інтернет, що дає можливість в автоматичному режимі поповнювати кластери новими зразками однотипних модуль-елементів. Формування кластерів забезпечує суттєву перевагу при їх подальшому використанні модуль-елементів. Модуль-елементи в таких кластерах є уніфікованими виробами на базі визначених параметричних рядів приєднувальних розмірів за системою ISO або ДСТУ, тобто є повністю або частково взаємозамінними.

Підпрограма формування функціональних кластерів пневматичних виконавчих елементів, за запропонованою блок-схемою, наведена на рис. 3. На першому етапі формування попередньо визначається та задається перелік критеріїв оптимізації для пневматичних виконавчих модуль-елементів: пневмоциліндрів односторонньої/двосторонньої/поворотної дії. До таких критеріїв прийнято обмеження геометричних, силових і кінематичних параметрів. У даній підпрограмі такими критеріями були: магістральний тиск, бар; хід, мм, зведена маса, кг; додаткові сили тертя та удару, Н; напрям руху — висування/втягування; кут нахилу, град; діаметр циліндра, мм; приєднувальні розміри, мм (рис. 3,а). На другому етапі формуються кластери, які характеризуються утворенням параметричного ряду однотипних модуль-елементів відповідно до заданих початкових умов оптимізації. Результатом динамічного синтезу для пневматичних виконавчих пристроїв на основі пневмоциліндра двосторонньої дії отримано функціональний кластер, який складається з 30 пневмоциліндрів.

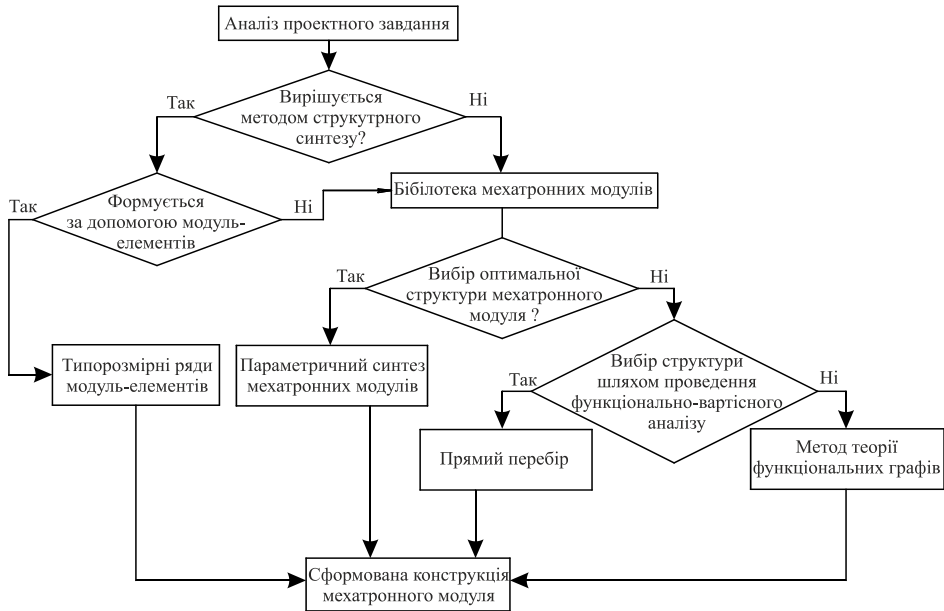


Рис. 2. Послідовність проведення структурного синтезу мехатронних модулів із використанням функціональних груп кластерів

**Исходные параметры цилиндра**

Требуемый ход: 400 mm

Угол установки: 16 deg

Направление движения:  Выдавливание  Втягивание

**Подвод питания**

Рабочее давление: 6 bar

Длина шланга БГВ > распределители: 1 m

Распределитель > цилиндр: 1 m

**Задать нагрузку**

Движущаяся масса: 20 kg

Дополнительная сила удара: 7 N

Дополнительная сила трения: 5 N

Регулируемое демпфирование в конце хода (PPV)

Только бесшумные приводы

Только прозрачной итог (использование S2)

Только с защитой от проворота

только в Требуемый ход 400 [mm]

только в Переменная длина хода

Выбранный диаметр поршня: 32

Найденные позиции (20) Показать: 10

Тип	№ изделия	Резьба	Ход [мм]
	DNC-32-400-PPV	1/8	400
	DNC-32-400-PPVA	1/8	400
	D8BC-32-400-PPVA-N3	1/8	400
	D8BC-32-400-PPVA-N3	1/8	400
	D8BC-32-400-PPVA-N3	1/8	400
	D8BC-32-400-PPVA-N3	1/8	400

а б

Рис. 3. Динамічний синтез та утворення кластерів з пневмоциліндрів одностороньої/двостороньої/поворотної дії за обраними критеріями: а — на першому; б — на другому етапах формування

Подібна підпрограма використовується для формування функціональних кластерів інших модуль-елементів пакувальних машин.

### Висновки

На основі проведених аналітичних досліджень була створена методика формування функціональних груп кластерів для утворення з них параметричних функціональних рядів мехатронних модулів.

Розглянуто процес сортування модуль-елементів у функціональні кластери шляхом введення початкових критеріїв і проведення функціонально-вартіс-

ного аналізу однотипних модуль-елементів кожної утвореної функціональної області.

На основі розробленої методики запропоновано програмне забезпечення для формування функціональних кластерів модуль-елементів, яке адаптоване до використання баз даних різних виробників модуль елементів через мережу Інтернет.

### **Література**

1. *Гавва О.М.* Пакувальне обладнання: Підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — Київ : ІАЦ «Упаковка», 2010. — 746 с.
2. *Аншин С.С.* Проектирование и разработка промышленных роботов/ С.С. Аншин, А.В. Бабич, А.Г. Баранов и др.; Под общ. ред. Я.А. Шифрина, П.Н. Белянина. — Москва : Машиностроение, 1989. — 272 с.
3. *Блейз Е.С.* Следящие приводы: Т. 1: Теория и проектирование следящих приводов / Е.С. Блейз, М.В. Баранов, А.В. Зимин [и др.]; Под ред. Б.К. Чемоданова. — В 3 т. 2-е изд., доп и перераб. — Москва : Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. — 904 с.
4. *Пальчевський Б.О.* Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): навч. посіб. / Б.О. Пальчевський. — Львів : Світ, 2007. — 392 с.
5. *Лопота В.А.* Мехатроника — основа интеллектуальной техники будущего / В.А. Лопота, Е.И. Юревич // Микросистемная техника. — 2003. — № 1 — С. 36.
6. *Васильев А.Л.* Модульный принцип формирования техники / А.Л. Васильев. — Москва : Издательство стандартов, 1989. — 240 с.
7. *Васильев А.Л.* Модульный принцип в судостроении / А.Л. Васильев // Стандарты и качество. — 1983. — №1. — С. 8 — 14.
8. *Адлерштейн Л.А.* Модульная постройка судов / Г.В. Бавыкин, А.Л. Васильев и др. — Ленинград : Судостроение, 1983. — 320 с.
9. *Аверьянов О.И.* Модульный принцип построения станков ЧПУ / О.И. Аверьянов. — Москва : Машиностроение, 1987. — 232 с.

УДК 663.551

## INNOVATION TECHNOLOGY OF RECTIFICATION IN THE FASHION PHASE MODE MOVEMENT

A. Ukrainets, P. Shiyan, Y. Buliy, A. Kuts

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Controlled cycles  
Rectification  
Phase equilibrium  
Mass transfer  
Distillation column*

---

**Article history:**

Received 16.09.2017  
Received in revised form  
05.10.2017  
Accepted 26.10.2017

---

**Corresponding author:**

A. Ukrainets

**E-mail:**

[npnuht@ukr.net](mailto:npuht@ukr.net)

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-9

---

**ABSTRACT**

In the article the innovative technology of rectification, which is carried out in the mode of separate motion of phases with the continuous supply to the rectifying column of the heated steam and liquid, is offered. The technology has been introduced into production. The implementation of controlled cycles of fluid retention and overflow makes it possible to increase the removal rate and the multiplicity of concentrations of the main impurities of alcohol by 25% on average, of higher alcohols of fennel oil and of final impurities by 38%, to reduce the specific steam consumption by 40% compared with typical distillation plants and to reduce the metal capacity equipment up to 15%.

## ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РЕКТИФІКАЦІЇ В РЕЖИМІ РОЗДІЛЬНОГО РУХУ ФАЗ

А.І. Українець, П.Л. Шиян, Ю.В. Булій, А.М. Куц

*Національний університет харчових технологій*

*У статті запропоновано інноваційну технологію ректифікації, що здійснюється в режимі роздільного руху фаз при безперервній подачі в ректифікаційну колону грючої пари та рідини. Технологію впроваджено у виробництво. Здійснення контрольованих циклів затримки і переливу рідини дає змогу підвищити ступінь вилучення та кратність концентрування головних домішок спирту в середньому на 25%, вищих спиртів сивушного масла і кінцевих домішок — на 38%, скоротити питому витрату пари на 40% порівняно з типовими ректифікаційними установками та знизити металоемність обладнання до 15%.*

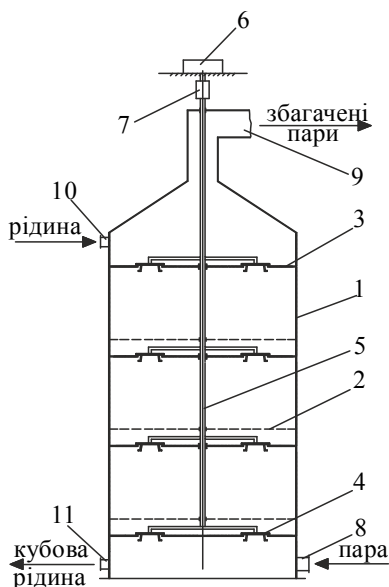
**Ключові слова:** *контрольовані цикли, ректифікація, фазова рівновага, масообмін, ректифікаційна колона.*

**Постановка проблеми.** Найбільш ефективно розділення легких компонентів на ступенях контакту відбувається в режимі роздільного руху фаз.

Його використання дає змогу підвищити ефективність масообміну між рідиною і паром шляхом подовження проміжку часу перебування рідини на тарілках ректифікаційної колони до моменту досягнення стану фаз, наближеного до рівноважного, покращити органолептичні показники ректифікованого спирту, знизити металоємність обладнання, скоротити питомі витрати грюючої пари та об'єми спиртовмісних відходів виробництва.

Заслуговують на увагу наукові розробки, проведені в цьому напрямку на кафедрі процесів і апаратів Київського технологічного інституту харчової промисловості (нині Національний університет харчових технологій).

На рис. 1 показано повздовжній переріз масообмінного апарата з контрольованими циклами [1].



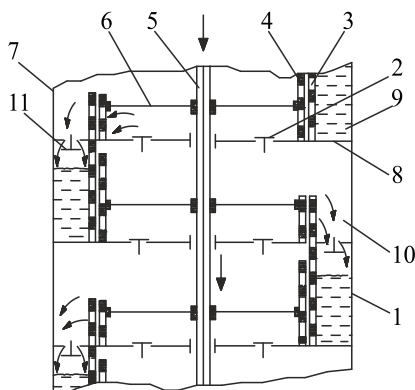
**Рис. 1. Масообмінний апарат з контрольованими циклами**

Апарат містить корпус 1 з ситчастими тарілками 2, над кожною з яких розміщені тарілки 3 з клапанами 4, що з'єднані між собою. Вільний переріз тарілок становить 70—75%. Клапани 4 зв'язані з тягою 5, яка приводиться в рух приводним механізмом 6. Між приводом і корпусом апарата розташований пристрій 7 для регулювання висоти підйому клапанів 4. Корпус 1 містить патрубки 8 для подачі пари, 9 для відводу збагачених парів, 10 для вводу рідини та 11 для відведення кубової рідини. Апарат працює в режимі періодичної подачі пари та рідини на тарілку живлення. Пуск апарата здійснюється в рідинний період, коли клапани проміжних тарілок знаходяться у положенні «закрито». Рідина накопичується на клапанній тарілці 12 як рідинна затримка і перебуває на ній визначений термін часу. В кінці рідинного періоду подачу рідини закривають і в кубову частину подають пару (паровий період). Механічний привід 6 піднімає клапани 4, і рідина з тарілки 12 переливається на тарілку 2, на якій підхоплюється струменями пари. Швидкість пари в



отворах тарілки досягає 10—15 м/с. Після відкриття клапанів 4 рідина перетікає з проміжної тарілки 2 на нижче розташовану тарілку 3. Таким чином, протягом циклу проходить однократна зміна рідинної затримки на всіх тарілках колони.

Результатом подальших наукових розробок науковців університету став тепломасообмінний апарат, представлений на рис. 2 [2].

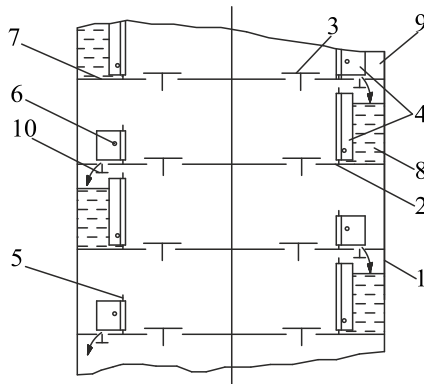


**Рис. 2. Тепломасообмінний апарат з перфорованими циліндрами**

Апарат містить корпус 1 з непровальними контактними елементами 2 (ковпачками, клапанами) і переливними пристроями, що складаються з двох коаксіально розміщених перфорованих циліндрів 3 і 4, один з яких (зовнішній 3) нерухомий, а другий (внутрішній 4) рухомий і з'єднаний з приводним механізмом 5 тягою 6. Зовнішній перфорований циліндр 3 разом з корпусом царги 7 утворює кільцевий простір, який розділений по висоті суцільними радіальними перегородками 8, що ділять кільцевий простір на накопичувальну 9 та зливну 10 камери. Для запобігання прориву пари в зливній камері встановлений зворотній клапан 11.

Спосіб масообміну відбувається таким чином: у рідинний період, коли положення рухомого циліндра забезпечує перекриття отворів в нерухомому циліндрі на ділянці накопичувальної камери, в останню надходить рідина з трубопроводу, утворюючи рідинну затримку на тарілці. Перфорації в нерухомому та рухомому циліндрах на ділянці зливної камери в цей період збігаються (відкриті). Через заданий термін часу в початковий момент парового періоду спрацьовує привід, і рухомий циліндр переводиться в положення, при якому отвори в циліндрах на ділянці накопичувальної камери суміщаються (відкриваються), і рідина з накопичувальної камери переливається на полотно тарілки в зону барботажу до переливної перегородки, отвори якої в цей період циклу закриті. При цьому положення рухомого циліндра на ділянці зливної камери таке, що отвори в рухомому та нерухомому циліндрах не збігаються. Потік пари проходить крізь клапани, і на тарілці відбувається масообмін.

Вдосконалена конструкція вищеописаного тепломасообмінного апарата представлена на рис. 3 [3].



**Рис. 3. Тепломасообмінний апарат з поворотними жалюзійними пластинами**

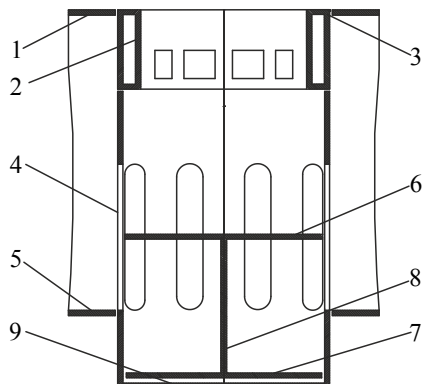
Апарат містить корпус 1, тарілки 2 з контактними елементами 3, переливні пристрої, що складаються з жалюзійних пластин 4, поворотних навколо осей та з'єднаних тягами 6 з приводним пристроєм. Пластини 4 разом з корпусом утворюють кільцевий простір, розділений по висоті суцільними радіальними перегородками 7, які ділять кільцевий простір на накопичувальну 8 і зливну камери 9. В зливній камері встановлений зворотній клапан 10, а жалюзійні пластини в камерах 8 і 9 розвернені в протилежні сторони.

Спосіб масообміну відбувається таким чином: у рідинний період, коли жалюзійні пластини 4 закриті, в накопичувальну камеру 9 тарілки подається рідина із трубопроводу в об'ємі, рівному рідинній затримці. В цей час пара в колону не надходить, контактні елементи герметизують основне полотно тарілки, зворотній клапан 11 і жалюзійні пластини зливної камери знаходяться в положенні «відкрито». Через деякий час подача рідини перекривається і в апарат подають пару. За сигналом командного пристрою привід переводить жалюзійні пластини 4 в положення «відкрито», і рідина розтікається площиною тарілки, контактуючи з паром. При цьому жалюзії перегородки на ділянці зливу закриті, що запобігає переливу рідини з тарілки в зливну камеру. Зворотній клапан 11 перекриває зливний отвір, запобігаючи проходженню пари через зливну камеру. Паровий і рідинний періоди повторюються по чергово.

Розглянуті вище масообмінні апарати, незважаючи на підвищення розподільчої здатності контактних пристроїв, не знайшли широкого практичного використання. Причиною цього є складність конструктивних рішень щодо реалізації технологічного процесу, відсутність масообміну в період надходження рідини на тарілку або її переливу через необхідність почергової або імпульсної подачі рідинного та парового потоків, а також залежність регулювання об'ємної швидкості переливу рідини від тиску пари.

Співробітниками ТОВ «Техінсервіс-процес» запропонований енергозберігаючий спосіб масообміну між рідиною і паром, що передбачає здійснення контрольованої у часі затримки рідини на тарілках ректифікаційної колони, оснащеної масообмінними контактними пристроями, дія яких відбувається при періодичній подачі грючої пари [4; 5]. Спосіб передбачає перелив рідини через перехідні ємкості в момент припинення подачі пари.

Контактний пристрій складається з тарілки 1, на якій закріплений контактний елемент 2 з відігнутими по дотичній пластинами барботажного вузла 3, обичайки 4 з отворами 10 і 11 під полотном тарілки 1, додаткового (нижнього) полотна тарілки 5, двостороннього клапана, який рухається в середині обичайки 4 і складається з верхньої 6 та нижньої 7 пластин, з'єднаних дистанційною стійкою 8 (рис. 4). Відігнутий нижній край обичайки 4 виконує функцію обмежувача опускання.



**Рис. 4. Масообмінний контактний пристрій**

У період подачі гріючої пари (паровий період) пара піднімається вверх по колоні (перелив рідини з тарілки на тарілку відсутній), піднімає клапан у верхнє положення таким чином, що верхня пластина 6 закриває отвір контактного елемента 2. Пара проходить через барботажный пристрій 3 і барботує через шар рідини. Після закінчення парового періоду подачу пари припиняють, і двосторонній клапан опускається донизу до тих пір, поки його рух не зупинить обмежувач опускання 9 обичайки 4. Рідина із зони барботажу на полотні тарілки 1 проходить через отвори 11 обичайки 4, потрапляє в перехідний об'єм. Час затримки подачі пари визначається часом переливу рідини з тарілки 1 у вищевказаний об'єм. У початковий момент подачі пари двосторонній клапан рухається вверх, а рідина – вниз. В отвори обичайки 4 починає надходити пара, що барботує крізь рідину. Із збільшенням отвору швидкість пари падає, і рідина починає переливатися на тарілку розташовану нижче. Наступні паровий і рідинний цикли здійснюються аналогічно.

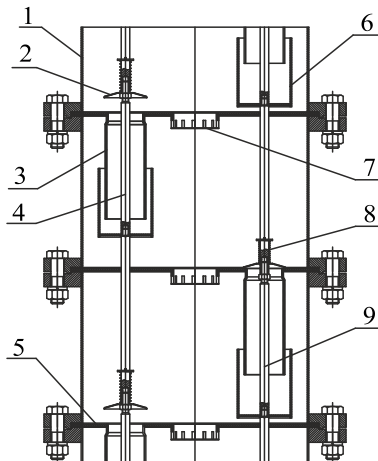
Експериментальні дослідження ефективності запропонованої технології проводились у виробничих умовах ДП «Ковалівський спиртовий завод» в процесі перегонки спиртової бражки та ДП «Липницький спиртовий завод» в процесі розгонки головної фракції етилового спирту. Для перегонки бражки була виготовлена і змонтована експериментальна колона діаметром 325 мм. Бражна колона мала 10 тарілок, відстань між якими дорівнювала 600 мм; вільний переріз тарілки становив 7%. Гріюча пара подавалась у колону періодично із затримками 3—4 с. Розгінна колона діаметром 400 мм була оснащена 15 тарілками, відстань між якими дорівнювала 500 мм. Вільний переріз тарілки становив 7%. Інтервал робочого циклу дорівнював 40 с, з них час переливу рідини — 10 с, час рідинної затримки — 30 с.

У ході виробничих випробувань визначено скорочення витрати гріючої пари в середньому на 40% порівняно з типовими бражними і розгінними колонами, а також зниження металоємності обладнання. Разом з тим була відмічена залежність роботи переливних пристроїв від тиску пари, низька пропускна здатність колон по парі та рідині, відсутність масообміну в період переливу рідини, виникнення імпульсу запізнення підняття клапанів по висоті колони та коливання тиску в загальному колекторі пари.

Для підвищення ефективності масообміну шляхом подовження часу контакту пари та рідини на тарілках ректифікаційної колони до моменту досягнення стану фаз, наближеного до рівноважного, співробітниками кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій у співпраці з ТОВ «ТІСЕР» була запропонована енергозберігаюча технологія ректифікації в режимі роздільного руху фаз при безперервній подачі в колону пари та рідини [6]. Для проведення досліджень була розроблена конструкція ректифікаційної колони, дія якої забезпечує здійснення масообміну в заданому режимі [7].

**Метою статті:** дослідження ефективності масообміну між рідиною і паром на тарілках розгінної колони в процесі вилучення етилового спирту із побічних продуктів і напівпродуктів брагоректифікації, а також встановлення питомих витрат гріючої пари на процес розгонки.

**Викладення основних результатів дослідження.** Випробовування проводились у виробничих умовах ДП «Чуднівський спиртовий завод». Об'єктом досліджень була розгінна колона, в якій відбуваються процеси вилучення етилового спирту із фракцій, збагачених леткими органічними домішками, що входять до складу головної фракції етилового спирту, погонів із конденсаторів бражної та спиртової колон, конденсатора сепаратора вуглекислого газу, спиртовловлювачів і сивушного спирту. Фрагмент експериментальної розгінної колони представлений на рис. 5.



**Рис. 5. Фрагмент розгінної колони з керованими циклами**

Колона діаметром 426 мм, висотою 11300 мм була оснащена 30 ситчастими контактними пристроями з отворами діаметром 2,4 мм. Відстань між

тарілками становила 300 мм. Вільний переріз тарілок дорівнював 5,5%. Колона містить корпус 1, тарілки 5 з контактними елементами 7 та переливними трубами 3, що вставлені в стакани 6. На рухомих тягах 4 і 9 були закріплені клапани 2. Тяги приводились у рух відповідно до програми контролера завдяки дії приводних механізмів (пневмоциліндрів типу DNT 63-50-PPV-A фірми FESTO). Клапани 2 по чергово відкривали та закривали переливні отвори парних і непарних за порядком розташування тарілок. Конструкція переливних пристроїв запобігала прориву пари в період переливу рідини. Для щільності клапани затискались пружинами 8. Усі конструктивні елементи ректифікаційної установки були виконані з нержавіючої харчової сталі марки 12X18H10T.

Спиртовмісні фракції безперервно подавались на 20-у тарілку живлення. Їх витрати становили 96 дм<sup>3</sup>/год в перерахунку на абсолютний алкоголь (а. а.). На верхню тарілку колони надходила гаряча пом'якшена вода для гідроселекції домішок, в нижню її частину безперервно подавалась гріюча пара. Надлишковий тиск у кубовій частині колони дорівнював 30 кПа, у верхній її частині 2...5 кПа, температура кубової рідини — 98° С, в парі над верхньою тарілкою — 85° С. Температура води на охолодження на вході в конденсатор дорівнювала 15° С, на виході після дефлегматора — 65° С. Робочий цикл процесу дорівнював 40 с: час затримки рідини — 13 с, час її переливу — 7 с. Концентрація етилового спирту в кубовій рідині не перевищувала 8% об. Концентрат домішок відбирали із конденсатора колони в кількості 0,23...0,27% від а. а. бражки. Очищену від головних і частини проміжних домішок кубову рідину насосом подавали на верхню тарілку бражної колони. Управління рухомими клапанами та роботою пневмоциліндрів, контроль технологічних параметрів (температури, тиску) відбувався за допомогою автоматичних датчиків, сигнал від яких передавався на мікропроцесорний контролер. За критерій оптимізації процесу розгонки приймали ступінь вилучення та кратність концентрування летких органічних домішок. Для їх розрахунку здійснювали хроматографічний аналіз дослідних проб живлення, кубової водно-спиртової рідини та естеро-сивушного концентрату.

Експериментально встановлено, що при використанні інноваційної технології в повній мірі видаляються альдегіди та естери, ступінь вилучення вищих спиртів (верхніх проміжних домішок) та кінцевих домішок (метилового спирту) зростає на 38%, кратність концентрування головних домішок підвищується на 25%, вищих спиртів — на 40%, метанолу — на 37%. Питомі витрати гріючої пари для вилучення спирту із спиртовмісних фракцій становлять 11...13 кг/дал від а. а., що вводиться в колону. При цьому показники ректифікованого етилового спирту відповідають вимогам для високоякісного спирту «Люкс».

Після проведення випробовувань запропонована авторами технологія ректифікації була впроваджена у виробництво на ДП «Чуднівський спиртовий завод» і завдяки високій ефективності використовується по теперішній час.

### **Висновки**

Використання інноваційної технології ректифікації для розгонки спиртовмісних фракцій дає змогу підвищити ступінь вилучення та кратність концентрування головних домішок спирту в середньому на 25%, вищих спиртів си-

вушного масла та кінцевих домішок — на 38%, скоротити питомі витрати гріючої пари на 40% порівняно з типовими ректифікаційними установками завдяки зменшенню вільного перерізу тарілок на 45...50% та подовженню часу перебування рідини на тарілках розгінної колони. Час затримки рідини на ступенях контакту визначається експериментально і знаходиться в межах 10—40 с.

Перспективним напрямком роботи є проведення досліджень щодо підвищення експлуатаційних і технологічних характеристик брагоректифікаційних установок при використанні технології ректифікації в режимі роздільного руху фаз при безперервній подачі пари та рідини.

### **Література**

1. А.с. № 185847 (СРСР). Массообменный аппарат для процессов в режиме с контролируемыми циклами /А.В.Копыленко и В.М.Таран. - Оpubл. в Б.И., 1983, № 44.
2. А.с. № 1360753 (СРСР). Тепломассообменный аппарат / А.В. Копыленко, В.М. Таран и В.А. Заднепрный. — Оpubл. в Б.И., 1987, № 47.
3. А.с. № 1360753 (СРСР). Тепломассообменный аппарат / А.В. Копыленко, В.М. Таран и В.А. Заднепрный. — Оpubл. в Б.И., 1988, № 20.
4. Патент України 60566 А. Массообмінний контактний пристрій / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. — Заявлено 10.12.02; Оpubл. 15.10.03, Бюл. № 10.
5. Патент України 60565 А. Спосіб перегікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. — Заявлено 10.12.02; Оpubл. 15.10.03, Бюл. № 10.
6. Патент України 89874 С2. Спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата у процесі масообміну між парою та рідиною / Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В. — Заявлено 06.06.08; Оpubл. 10.03.10, Бюл. № 5.
7. Патент України 116565 В01D 3/30 (2006/01). Ректифікаційна колона з керованими циклами / Булій Ю.В., Дмитрук А.П., Дмитрук П.А. — Заявка u201612611. Заявлено 12.12.2016; Оpubл. 25.05.2017, Бюл. № 10.

УДК664: [663.26 : [641.1 : 613.31]

## RESEARCH OF EXTRACTION PROCESS WINE-ACIDS COMPOUNDS FROM GRAPE POMACE OF SUBCRITICAL WATER ENVIRONMENT

V. Sukmanov

*Higher Educational Institution of Ukoopspilks "Poltava University of Economics and Trade"*

V. Zavalov, A. Marynin

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Grape pomace  
Wine-acid connections  
Titrating acidity  
Subcritical water  
Extraction*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form  
24.09.2017  
Accepted 18.10.2017

---

**Corresponding author:**

V. Sukmanov  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Designed method of receiving wine-acids compounds from the grape pomace is provided in the article. A distinctive feature of the proposed method is extraction of grapes pomace in a subcritical water environment. The results of experimental studies total acidity in recourt to tartaric acid of extracts of grape pomace, obtained in a subcritical water environment are presented. Extraction was carried out under conditions of temperature range  $t = (100^{\circ}\text{C}—160^{\circ}\text{C})$ , pressure  $P=12\text{ MPa}$ , exposure from 30 to 90 minutes and hydromodules that are 1:5 and 1:10. The results of the studies showed a high titratable acidity of the extracts obtained. For most experimental points, high acidity in the extracts is obtained with a hydromodule of 1:5. Acid generation at low extraction temperatures ( $100—120^{\circ}\text{C}$ ) with subcritical water can be compared with the amount of acid in the original pomace that is obtained by washing out sweet pomace with hot water. At higher temperatures ( $> 120^{\circ}\text{C}$ ) organic acids formation is up to 2—3 times more than during the acid hydrolysis of wood at  $160—180^{\circ}\text{C}$ .

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-10

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ВИННОКИСЛИХ СПОЛУК ІЗ ВІНОГРАДНИХ ВИЧАВОК СУБКРИТИЧНОЮ ВОДОЮ

В.О. Сукманов

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»*

В.Л. Зав'ялов, А.І. Маринін

*Національний університет харчових технологій*

*У статті описано розроблений спосіб отримання виннокислих сполук з виноградних вичавок. Характерною особливістю запропонованого способу є екстрагування виноградних вичавок у середовищі субкритичної води. Представ-*

лені результати експериментальних досліджень загальної кислотності в перерахунку на винну кислоту екстрактів виноградних вичавок, отриманих у середовищі субкритичної води. Екстрагування проводили в умовах діапазону температур  $t = (100^\circ\text{C} - 160^\circ\text{C})$ , тиску  $P = 12\text{ МПа}$ , експозиції  $\tau$  від 30 до 90 хв, співвідношеннях фаз 1:5 і 1:10. Результати досліджень показали високу титровану кислотність отриманих екстрактів. Для більшості експериментальних точок велика кислотність в екстракті, отриманих при співвідношеннях фаз 1:5. Вихід кислот при низьких температурах екстракції ( $100 - 120^\circ\text{C}$ ) субкритичною водою можна порівняти з кількістю кислот у вихідному шроті, одержуваних промиванням солодких вичавок гарячою водою. При більш високих температурах ( $> 120^\circ\text{C}$ ) органічних кислот утворювалося до 2—3 разів більше, ніж при кислотному гідролізі деревини при  $160 - 180^\circ\text{C}$ .

**Ключові слова:** виноградні вичавки, виннокислі сполуки, титрована кислотність, субкритична вода, екстрагування.

**Постановка проблеми.** За даними FAO ООН (Продовольча і сільськогосподарська організація ООН), світове виробництво винограду становить понад 76 млн тонн на рік. Виробництво винограду в Україні в останні роки зростає, і в 2016 р. перевищило 390 тис. тонн [1].

У результаті переробки винограду утворюється до 20% відходів — виноградних вичавок (ВВ), які мають багатий полісахаридний комплекс, містять значну кількість фенольних речовин і лігніну. Вичавки складаються на 37...39% (від загальної маси) зі шкірки; 15...34% — з частинок м'якоті, 1,0 — 3,3% — із залишків гребенів; 23...39% — з насіння. Вихідна вологість вичавок залежить від якості віджимання і коливається від 50 до 60%.

До 60% від маси сухих ВВ становлять полісахариди [2], які є цінною сировиною для отримання біологічно активних речовин (БАР) з високими антиоксидантними властивостями, в тому числі поліфенолів, галової і винної кислоти, її солей тощо [3].

Незважаючи на те, що винна кислота міститься в багатьох рослинах, тільки виноград є джерелом її промислового отримання. Винна кислота використовується у виноробстві для підвищення кислотності вин, у фармацевтичній, радіотехнічній, хімічній, текстильній, поліграфічній та інших галузях промисловості. Ціна на міжнародному ринку винної кислоти і її солей для фармації за 1 кг становить 800 дол. США, для харчової промисловості — 30 дол. США, для інших галузей — 4 дол. США [4].

У країнах Західної Європи потреби в цьому продукті задоволені лише на 40%. Основні його виробники — Італія, Франція, Іспанія. Ще недавно дефіцит компенсували китайські бізнесмени, що виробляють винну кислоту з нафтопродуктів. Однак в ЄС заборонили її застосування. Тепер затребуваний тільки натуральний продукт, традиційними джерелами якого є відходи виноробства.

Зберігання ВВ в цементних басейнах супроводжується значними втратами винної кислоти та інших цінних компонентів. Неминучі втрати при бродінні цукромістких білків ВВ внаслідок виділення  $\text{CO}_2$ , що супроводжується



випаровуванням спирту. Чим довше зберігаються вичавки, тим більші втрати. При зберіганні ВВ у цементних басейнах в них відбувається ряд бактеріальних процесів, у результаті яких в сировині розкладаються тартрати й утворюються різні леткі продукти, що призводить у подальшому до погіршення якості продукції, одержуваної з ВВ.

Сьогодні існує ряд технологічних схем переробки ВВ на великих винзаводах, що виключають їх зберігання в цементних та інших ємностях. У технічному проекті винзаводу, що переробляє 200 т винограду на добу, передбачена технологія переробки ВВ без її тривалого зберігання, проте коефіцієнт використання даного обладнання протягом року гранично низький і використання відповідного обладнання економічно недоцільне.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При екстрагуванні БАР, в тому числі винної кислоти та виннокислих сполук, з рослинної сировини застосовуються традиційні екстракційні методи (мацерація, ремацерація, перколяція, реперколяція) [5]. З метою їх інтенсифікації розроблені різні способи електро- і магнітоімпульсної обробки сировини, що екстрагується, використовується центрифугування і ультразвукова обробка тощо.

У розроблених технологіях цільовий продукт вилучається частково, процеси тривалі за часом, в екстрактах завищений вміст баластних речовин (високомолекулярні сполуки, пектини, слизи, білки і т. д.), висока трудомісткість процесу. У більшості методах мають місце значні втрати екстрагентів під час дифузії та випаровуванні. Використовувані способи інтенсифікації таких процесів усувають перераховані вище недоліки лише частково, а деякі з них істотно знижують якість одержуваних екстрактів.

Застосування для рідинної екстракції модифікаторів (співрозчинників), може змінити якісний (а, можливо, і кількісний) склад одержуваних екстрактів за рахунок полярності екстрагентів.

Починаючи з 90-х років минулого століття, активно розробляються методи суб- і надкритичної флюїдної екстракції [6].

Як екстрагенти використовуються розчинники з низькою температурою кипіння — зріджені гази (вуглекислий газ, гексан, пропан, аміак, метан, етилен) і деякі інші сполуки з невисокими критичними температурами. На перших етапах розвитку субкритичних технологій екстрагування найбільшого поширення набула CO<sub>2</sub> екстракція. Однак необхідно мати на увазі, що вуглекислий газ є одним із основних парникових газів, як і метан, озон, оксиди азоту тощо. Крім того, деякі флюїдні речовини, як, наприклад, метан, відносяться до токсичних речовин. Розроблено принципи, яким повинні відповідати «зелені» (екологічно чисті) методи екстрагування, в тому числі й екстрагування субкритичною водою (СКВ) [7].

СКВ — вода в рідкому стані під тиском до 21,8 МПа в температурному діапазоні між звичайною точкою кипіння (100° С) і критичною температурою (374° С).

Найбільш ефективним методом екстракції рослинної сировини в харчовій і фармацевтичній галузях у даний час є екстрагування СКВ [6—8]. Терміни, що використовуються для опису СКВ в англійській літературі: Subcritical water — субкритична вода; High-temperature water — вода при високій

температурі; Superheated water — перегріта вода; Pressurized hot water - гаряча вода під тиском; Pressurised low polarity hot water — гаряча вода низької полярності під тиском.

Переваги використання СКВ як розчинника [8]:

- поєднання властивостей газів при високому тиску (низька в'язкість, високий коефіцієнт дифузії) і рідин (висока розчинююча здатність);
- поєднання надто низького міжфазного натягу з низькою в'язкістю і високим коефіцієнтом дифузії;
- висока чутливість розчинної здатності до зміни тиску або температури;
- простота розділення СКВ і розчинених в ній речовин при скиданні тиску;
- СКВ пенітрує в пористі структури значно швидше порівняно з рідкими розчинниками, що застосовуються традиційно.

Ці переваги є результатом зміни фізико-хімічних властивостей води в субкритичному стані:

- константа дисоціації збільшується практично на два порядки;
- зменшується значення рН з 7,0 до 5,5;
- відносна діелектрична проникність зменшується в 1,5—2,0 рази;
- теплота пароутворення зменшується в 1,5 раза;
- питома теплоємність зростає в 2,0—2,5 раза;
- щільність води зменшується в 1,3—1,5 раза;
- динамічна в'язкість зменшується в 6—7 разів;
- поверхневий натяг зменшується в 2—3 рази;
- коефіцієнт самодифузії зростає на порядок;
- іонний добуток води зростає залежно від тиску в 50—2000 разів.

Такі обставини, а також низька собівартість СКВ дають змогу позиціонувати процес екстрагування СКВ як найбільш ефективний і перспективний з нині існуючих.

Разом з тим у процесі екстрагування СКВ відбуваються досить складні фізичні біохімічні перетворення: в умовах екстракції ВВ відбувається автокаталітичний гідроліз полісахаридів. Як каталізатори виступають кислоти, наявні у вихідній сировині: винна, мурашина, оцтова та ін. Такі кислоти утворюються в результаті хімічних перетворень під дією високої температури в процесі самої екстракції. Ці кислоти можуть чинити істотний вплив на процеси, що відбуваються. Різноманітні кислоти є проміжними або кінцевими продуктами реакцій, що відбуваються під час субкритичної екстракції. Отже, показник кислотності є важливим індикатором, що характеризує процес екстракції, в т. ч. з точки зору утворення простих цукрів з полісахаридів.

Основна проблема, що стоїть на шляху повного використання ВВ, — їх висока вологість і необхідність якнайшвидшої переробки, щоб виключити розвиток цвілевих грибів і запобігти псуванню. ВВ починають псуватися через 2—3 доби, а при високій вологості повітря (85—90%) і підвищених температурах (25—40° С) термін зберігання становить 8—12 годин. Отже, як вихідну сировину для екстрагування БАР доцільно використовувати сухі ВВ. При цьому слід враховувати вплив режимів сушіння на збереження БАР.

Актуальність проведених досліджень визначається рядом обставин. Значна частина підприємств з переробки винограду та виноробної продукції в

Україні нині вимагають технологічної й технічної модернізації, тому запропоновані технології повинні бути інноваційними і високоефективними. Хімічний склад сировини, що переробляється, істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов і сортових особливостей винограду, про що свідчать численні, наведені в літературних джерелах дані про біохімічний склад ВВ [2]. Такі обставини призводять до необхідності дослідження процесів екстрагування ВВ з тих сортів винограду, які поширені в регіонах розташування переробних підприємств, що підлягають модернізації.

Відомий ряд способів отримання винної кислоти і виннокислих сполук з ВВ [9—11]. Так, у [9] описано спосіб вилучення виннокислих сполук з ВВ шляхом екстракції гарячою водою з температурою 70—80° С, попередньо підкисленою до рН 3,5—4,0. Вичавки з вихідним вмістом цукрів 7,9%, винної кислоти 0,79% та вологістю 51,8% подаються в попередньо заповнений гарячою водою екстрактор. Одночасно проводиться підкислення екстрагенту концентрованою сірчаною кислотою з розрахунку 0,5—0,8 кг на 1 кг винної кислоти, що міститься у вичавках. Час екстракції становить 45 хвилин. Отриманий дифузійний сік містить 0,73% винної кислоти та її сполук.

Спосіб [10] передбачає під час екстрагування свіжих ВВ багаторазове використання підкисленої підігрітої води й обробку отриманого дифузійного соку електричним струмом.

Відомий спосіб отримання екстракту для виробництва винної кислоти, при якому ВВ екстрагують у безперервному потоці, використовуючи як екстрагент активовану воду, при співвідношенні твердої і рідкої фаз 1:(1—2) при температурі 20—25° С. Далі отриманий екстракт використовують при отриманні винної кислоти [11].

Недоліком цих способів є неповне вилучення виннокислих сполук, а також ті обставини, що екстрагуванню піддають вологі ВВ, відтак, можливість застосування даного способу обмежена термінами зберігання вологих ВВ.

Натепер ефективність використання СКВ для видобування різних БАР з рослинної сировини, в тому числі з винограду і ВВ, не викликає сумнівів. Екстрагування СКВ забезпечує більш повне їх вилучення, при цьому має місце селективність процесу стосовно різних цільових продуктів і екологічна чистота одержуваного екстракту [5; 7].

У різних сортах винограду вміст БАР і їх кількість різні. Виходячи з цього, дослідження процесу екстрагування БАР з винограду і ВВ орієнтовані на визначення раціональних параметрів процесу виключно для конкретної вихідної сировини. У цьому контексті слід зазначити, що на сьогодні процес екстрагування СКВ з ВВ столового сорту винограду Молдова, який набув значного поширення в Україні, Республіці Молдова, в ряді європейських країн, залишається недостатньо дослідженим, що свідчить про актуальність роботи.

**Мета дослідження:** визначення раціональних параметрів процесу екстрагування ВВ СКВ при отриманні екстрактів з високою кислотністю і розроблення методу отримання з них виннокислих сполук і винної кислоти.

**Викладення основних результатів дослідження.** *Сировина.* Для отримання ВВ використаний столовий сорт винограду Молдова. Середня вага грона

до 350 г. Ягода велика (2,5 · 1,9 см), овальна, темно-фіолетова, з густим восковим нальотом. Шкірочка товста, щільна, міцна. М'якоть м'ясиста, хрустка.

*Підготовка сировини.* Подрібнення ягоди разом з гребенями здійснювали на соковижималці, віджим здійснювали до вологості промислової макухи — 55%. Для аналізу вихідних характеристик ВВ визначали найбільш значущі групи з'єднань за загальноприйнятими методиками.

*Використані методики.* Вільні вуглеводи, водорозчинні полісахариди, пектини, геміцелюлози А і В визначали за методикою, розробленою на об'єднанні схем поділу вуглеводів за Бейлі, яка полягає в послідовній екстракції аналізованого матеріалу розчинниками різної природи та спектрофотометричного методу Дрейвуда. Флавоноїди визначали фотокалориметричним методом, заснованим на використанні селективних органічних розчинників хлороформу, метилового спирту, чотирехлористого вуглецю, етилацетату. Таніни визначали водною екстракцією з подальшим очищенням отриманого екстракту сумішшю бутилового спирту і бутилацетата. Лігнін визначали сірчанокислотним методом. Целюлозу визначали азотно-спиртовим методом Кюршнеру. Азот визначали методом К'єлдаля. Кислоти визначалися титруванням лугом, зольність — спалюванням наважки.

*Сушіння сирих ВВ.* З метою уповільнення біохімічних і мікробіологічних процесів у ВВ нами був застосований найбільш поширений спосіб консервування сировини — сушіння. Отримані конгломерати добре зберігаються і не вимагають додаткового енергопідведення при зберіганні, на відміну від заморожування і зберігання в регульованих газових середовищах.

Первісне сушіння виконували при 75° С±2° С до постійної в порцелянових чашах, поміщених в піч ТРЦ02 ТП-1 з періодичним перемішуванням. Сушіння тривало до 25 годин на відкритому повітрі. Залишкова вологість сировини після сушіння становила 4—7 (% абс.). Отримані агломерати подрібнювали до фракції, що проходить через сито з отворами 3 мм. Зразки у вигляді порошку упаковували в паперові і поліетиленові мішки для захисту від вологи. Зразки зберігали при кімнатній температурі в темному місці.

*Екстрагування СКВ.* Екстрагування ВВ СКВ виконували в розробленому реакторі високого тиску з такими основними техніко-експлуатаційними характеристиками: номінальний обсяг робочої камери — 0,68 л, точність реєстрації температури — ±0,5° С, чутливість датчика тиску — ±1 МПа, максимальний тиск при кімнатній температурі — 40 МПа, максимальна температура в робочій камері становила 400° С, розрахункова кількість циклів навантаження при тиску до 40 МПа — не менше 500 циклів [12].

*Визначення області експерименту.* Діапазон варіювання значень технологічних параметрів процесу: співвідношення фаз — 1:5 і 1:10; температура 100—160° С з кроком 10° С (підтримували регулятором з точністю ±1° С); час витримки — 30, 60 та 90 хв. Повторність дослідів у кожній точці — трикратна. Відлік часу починали після досягнення заданої температури.

Рівень тиску  $P = 12$  МПа, який забезпечує субкритичні умови і високий вихід екстрактивних речовини був встановлений виходячи з термодинамічних властивостей води, що описується диференціальними рівняннями термодинаміки Міжнародної системи рівнянь 1997 року, (Формуляція IF —

97). Ці рівняння описують властивості води в суб- і надкритичній області. Субкритична область описана фундаментальними рівняннями для енергії Гіббса [13].

*Визначення активної кислотності екстрактів.* В умовах екстракції ВВ відбувається автокатолітичний гідроліз полісахаридів. Як каталізатори виступають кислоти, наявні у вихідній сировині, перш за все винна та інші кислоти (мурашина, оцтова і т. д.), які утворюються в результаті хімічних перетворень речовин вичавок винограду під дією високої температури в процесі самої екстракції. Ці кислоти можуть чинити істотний вплив на процеси, що відбуваються. Різні кислоти є проміжними і кінцевими продуктами реакцій, що відбуваються при субкритичній екстракції. Кислотність є важливим показником, що характеризує процес, в т. ч. з точки зору утворення простих цукрів з полісахаридів. Тому необхідно визначити загальну кислотність екстрактів.

Кислотність визначали в перерахунку на винну кислоту за такою методикою. Титровану кислотність визначали потенціометричним титруванням з фенолфталеїном як індикатором. При титруванні відбирали 5—10 мл екстракту, поміщали в мірну колбу місткістю 50 мл, доводили до мітки, переносили в колбу на 100 мл додавали 1 мл 1% спиртового розчину фенолфталеїну і титрували розчином натрію гідроксиду (0,1 моль/л) до появи в піні лілово-червоного забарвлення. Перед кожним титруванням встановлювали концентрацію розчину лугу шляхом титрування 0,1 моль/л розчином НСІ (з фіксонала) в присутності фенолфталеїну.

Титровану кислотність представляли в градусах кислотності, тобто в кількості мілілітрів 1 моль/л лугу, витраченої на нейтралізацію кислоти в 100 г речовини (або 0,1 моль/л лугу на 10 г речовини). Вміст вільних органічних кислот в перерахунку на винну кислоту в абсолютно сухій сировині у відсотках ( $X$ ) обчислювали за формулою [14]:

$$X = \frac{V \cdot K \cdot 0,0075 \cdot V_{\text{доб}} \cdot 100}{m \cdot V_a} \cdot \frac{100}{(100 - W)}, \quad (1)$$

де 0,0075 — кількість винної кислоти, що відповідає 1 мл розчину натрію гідроксиду (0,1 моль / л), г;  $V$  — об'єм розчину натрію гідроксиду (0,1 моль / л), який пішов на титрування, мл;  $K$  — коефіцієнт приведення концентрації розчину лугу точно до 0,1 моль / л;  $V_{\text{доб}}$  — об'єм екстракту, мл;  $V_a$  — об'єм проби екстракту, взятої на титрування, мл;  $m$  — маса наважки, г;  $W$  — втрата в масі при висушуванні сировини, %;  $\frac{100}{(100 - W)}$  — коефіцієнт перерахунку на

абсолютно суху сировину.

Відповідно до викладеної методики були проведені експерименти з визначення титрованої кислотності з урахуванням параметрів процесу: тиску, температури, часу і гідромодуля та перерахунку її на винну кислоту. Отримані результати були опрацьовані в програмному пакеті Microsoft Excel 2003.

Групова характеристика вихідного матеріалу наведена в табл. 1.

## ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Таблиця 1. Груповий склад вихідної сировини

Групи речовин	Вміст у перерахунку на суху масу вичавок, %
Моносахариди	7,5
Органічні кислоти у перерахунку на винну (яблучну, лимонну)	1,9 (1,96; 1,87)
Азот по К'ельдалю	0,3
Дубильні речовини	8,9
Флавоноїди	0,75
Геміцелюлоза В	4,5
Геміцелюлоза А	0,5
Пектинові речовини	5,7
Водорозчинні полісахариди	6,50
Лігнін	30,5
Целюлоза	23,5
Зола	2,1

Значення титрованої кислотності при співвідношенні 1:5 було описано регресійним рівнянням (2), при співвідношенні 1:10 — рівнянням (3):

$$K = 3,281 + 0,0053 \cdot t - 0,0771 \cdot \tau + 0,000669 \cdot t \cdot \tau, R = 0,971; \quad (2)$$

$$K = 0,281 + 0,0271 \cdot t - 0,0262 \cdot \tau + 0,000271 \cdot t \cdot \tau R = 0,972, \quad (3)$$

де  $t$  — температура екстрагування, °С;  $\tau$  — час витримки, хв.

Результати розрахунків отриманих значень титрованої кислотності в експериментальних точках і за отриманими рівняннями регресії (2) і (3) представлені в табл. 1. Відповідні значення  $R$  свідчить про адекватність отриманих рівнянь.

Слід відзначити високу титровану кислотність отриманих екстрактів. Результати регресійного аналізу значень титрованої кислотності наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вихід винної кислоти

Температура, °С	Час екстрагування, мин	Експериментальні значення титрованої кислотності, 0,1 моль NaOH на 1 г екстракту, мл, при співвідношеннях фаз		Розрахунок за рівнянням регресії, 0,1 моль NaOH на 1 г екстракту, мл, при співвідношеннях фаз		Залишок, 0,1 моль NaOH на 1 г екстракту, мл, при співвідношеннях фаз	
		1:5	1:10	1:5	1:10	1:5	1:10
1	2	3	4	5	6	7	8
100	30	3,642	2,976	3,497	3,031	0,144	-0,055
100	60	3,593	3,279	3,179	3,059	0,413	0,219
100	90	3,040	3,015	2,861	3,087	0,178	-0,072
110	30	3,659	3,247	3,750	3,384	-0,091	-0,137
110	60	3,795	3,798	3,631	3,494	0,163	0,303
110	90	3,455	3,514	3,513	3,603	-0,058	-0,089
120	30	3,701	3,518	4,003	3,738	-0,302	-0,220
120	60	4,006	4,317	4,084	3,929	-0,078	0,387

1	2	3	4	5	6	7	8
120	90	3,871	4,012	4,165	4,120	-0,294	-0,108
130	30	4,029	3,919	4,256	4,091	-0,227	-0,172
130	60	4,555	4,572	4,536	4,364	0,018	0,207
130	90	4,462	4,364	4,817	4,636	-0,355	-0,272
140	30	4,326	4,321	4,509	4,445	-0,183	-0,124
140	60	5,111	4,827	4,989	4,799	0,121	0,027
140	90	5,154	4,715	5,469	5,152	-0,315	-0,437
150	30	4,713	4,890	4,761	4,798	-0,048	0,091
150	60	5,945	5,311	5,441	5,234	0,503	0,077
150	90	6,322	6,107	6,121	5,669	0,201	0,437
160	30	4,955	5,263	5,014	5,152	-0,059	0,111
160	60	6,287	5,459	5,893	5,668	0,393	-0,209
160	90	6,649	6,222	6,772	6,185	-0,123	0,036

Таблиця 3. Результати регресійного аналізу значень титрованої кислотності

Параметри регресії		Співвідношення фаз 1:5	Співвідношення фаз 1:10
Коефіцієнт кореляції, $R$		0,971	0,972
Коефіцієнт детермінації, $D$		0,942	0,945
Середньоквадратичне відхилення $\sigma$		0,932	0,935
Критерій Фішера, $F_{\text{розр}} < F_{\text{табл}}$	$F_{\text{розр}}$	5,72	3,53
	$F_{\text{табл}}$	8,66	8,66
Довірчий інтервал коефіцієнтів моделі при рівні похибки $\alpha = 0,05$ (рівні надійності 95%)	$a_0$	1,116 ÷ 5,447	-1,666 ÷ 2,229
	$a_1$	-0,011 ÷ 0,022	0,012 ÷ 0,042
	$a_2$	-0,111 ÷ -0,044	-0,056 ÷ 0,004
	$a_3$	0,0004 ÷ 0,0009	0,0004 ÷ 0,0005

Перерахунок кислотності на винну кислоту, яка є основним компонентом кислотного комплексу винограду, був виконаний згідно із загальноприйнятими хімічними залежностями.

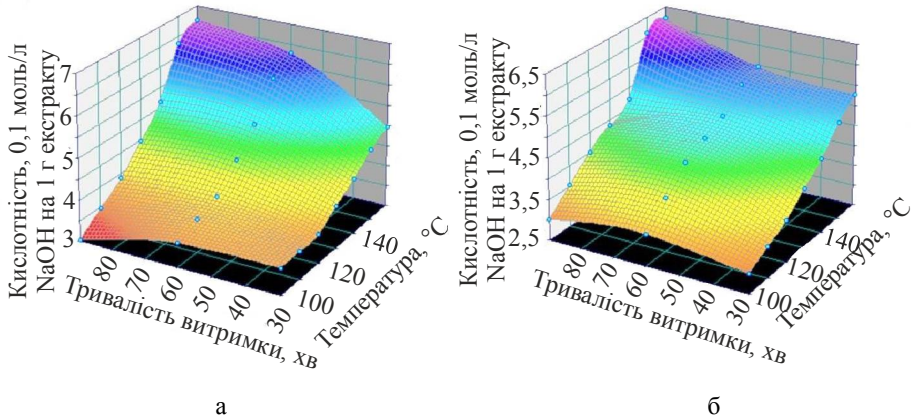
При 100—120° С функція кислотності проходить через максимум у часі. Це пояснюється співвідношенням ступеня вилучення винної кислоти з твердої фази і її хімічними перетвореннями при підвищеній температурі.

Поверхні відгуку титрованої кислотності від часу, температури і гідромодуля представлені на рис. 1.

Для більшості експериментальних точок велика кислотність екстрактів, отриманих при співвідношеннях фаз 1:5 пояснюється гідролізом полісахаридів і розкладанням цукрів з утворенням сильних органічних кислот — мурашиної і оцтової, а також ряду слабких — левулінової, глюкозоізосахаринової, ксилосоізосахаринової, молочної кислот. При меншому гідромодулі концентрація цукрів у розчині більша, відповідно, і швидкість розкладання вища. Підвищується титрована кислотність екстракту.

При збільшенні часу витримки ступінь розкладу цукрів збільшується, отже, збільшується кислотність. Відповідно до утворення і перетворенням органічних кислот змінюється склад сухого екстракту, отриманого випаровуванням води. Винна і левулінова кислоти низьколеткі. Вони практично повністю залишаються в сухому екстракті. Мурашина і оцтова кислоти,

навпаки, легколеткі. Тому кислотність сухих екстрактів, отриманих випаровуванням, менша за кислотність неупарених розчинів.

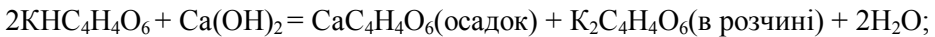


**Рис. 1. Поверхні відгуку титрованої кислотності при:**  
 а — гідромодуль 1:5; б —гідромодуль 1:10

Виннокислі розчини поряд із вільною винною кислотою містять її солі, особливо кислий тартрат калію. Тому визначення виходу винної кислоти і її похідних за титрованою кислотністю дає занижені результати навіть з урахуванням наявності інших кислот (яблучної, лимонної та ін.).

Під час вилучення виннокислих сполук (винної кислоти і її розчинних солей) з кислих розчинів, отриманих при екстрагуванні вичавок, осадження проводили шляхом їх переведення в кальцієву сіль винної кислоти (виннокисле вапно) за допомогою вапняного молока  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  або крейди  $\text{CaCO}_3$  і хлориду кальцію  $\text{CaCl}_2$ . В екстракт спочатку додавали хлорид кальцію в твердому вигляді або у вигляді 30-процентного розчину до постійного значення рН, потім доливали вапняне молоко до слабокислої (рН 5,5) реакції.

Використання двох осаджувачів пов'язане з тим, що наявні в розчинах виннокислі сполуки не осідають повністю. Так, вапняним молоком або крейдою повністю з розчину осідає тільки вільна винна кислота. Розчини середніх солей калію і натрію не осідають, а кислі солі калію або натрію виділяються лише наполовину. Таку ж дію мають солі  $\text{CaCl}_2$ . Це відбувається тому, що половина кислої солі винної кислоти випадає у вигляді виннокислового вапна, а інша половина залишається в розчині, переходячи в середню сіль (в разі  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і  $\text{CaCO}_3$ ) або вільну винну кислоту (при використанні  $\text{CaCl}_2$ ):



Оскільки виннокислі розчини поряд з вільною винною кислотою містять її солі, особливо кислий тартрат калію, при їх осадженні спочатку вносили хлорид кальцію, а потім вапняне молоко або крейду. Під дією хлориду кальцію середні і частково кислі солі калію і натрію випадали в осад у вигляді виннокислового вапна. Подальшим введенням вапняного молока або крейди осаджували вільну винну кислоту. Осадження проводили при температурі 50—55° С



при постійному перемішуванні. Кількість розчинів, що пішли на осадження, визначали за значенням рН. Для очищення виннокислотного вапна після осадження її кристали промивали чистою водою.

Важливою умовою для найбільш повного виділення в осад виннокислого вапна при нейтралізації є дотримання температурного режиму і рН. Нейтралізацію проводили при температурі 50—55° С (але не нижче 45° С) до слабкої реакції (рН 5,5). Відхилення від температурного режиму призводило до зниження виходу виннокислого вапна внаслідок розвитку мікроорганізмів (при температурі 30° С і нижче бактерії пропіонового бродіння розкладають солі винної кислоти на оцтову, пропіонова кислоти і CO<sub>2</sub>), уповільнює швидкість реакції нейтралізації та утворенню аморфних осадів виннокислого вапна, що важко виділити.

Чисту винну кислоту отримували з виннокислотного вапна шляхом обробки соляною кислотою по реакції:



З розчину чисту винну кислоту отримували шляхом кристалізації.

Екстрагування при співвідношеннях фаз 1:5 забезпечує більшу кислотність одержуваних екстрактів, що пояснюється гідролізом полісахаридів і розкладанням цукрів з утворенням сильних органічних кислот — мурашиної і оцтової, а також ряду слабких — леулінової, глюкозоізосахаринової, ксилосоізосахаринової, молочної кислот. При меншому гідромодулі концентрація цукрів у розчині вища, відповідно, і швидкість розкладання вища. Підвищується титрована кислотність екстракту. При збільшенні часу витримки ступінь розкладу цукрів збільшується, що призводить до збільшення кислотності. При температурі екстрагування 100—120° С вдається практично повністю вилучити виннокислі сполуки з ВВ.

### **Висновки**

Запропонований метод отримання виннокислих з'єднань і винної кислоти, що включає сушіння вологих ВВ і подальше їх екстрагування субкритичною водою дає змогу отримувати відповідний цільовий продукт незалежності від термінів зберігання сирих ВВ.

Екстрагування ВВ СКВ при встановлених раціональних параметрах процесу забезпечує отримання екстрактів з високою кислотністю, що в результаті збільшує вихід виннокислих сполук і винної кислоти.

Вихід кислот при низьких температурах екстракції (100—120° С) СКВ можна порівняти з кількістю кислот у вихідній макусі, одержуваних промиванням солодких ВВ гарячою водою [32]. При промиванні гарячою водою вилучення виннокислих сполук досягає 80% і більше від їх вмісту в сировині. Таким чином, при температурі субкритичного екстрагування за температури 100—120° С вдається практично повністю вилучити винну кислоту.

При більш високих температурах (> 120° С) органічних кислот утворювалося до 2—3 разів більше, ніж при кислотному гідролізі деревини при 160—180° С. Це переважно пояснюється способом організації процесу. При традиційному гідролізі деревини розведеною кислотою (метод перколяції) гідролізат з гідроліз-апарату при співвідношеннях фаз 1:10 відбирається

безперервно, що істотно знижує розкладання утворених моносахаридів. Слід очікувати, що при перколяційному способі організації екстракції, кількість вільних кислот значно знизиться. Разом з тим при високотемпературній екстракції буде утворюватися значна кількість мурашиної і оцтової кислоти. Тому при розробці методів комплексної переробки ВВ методом водної субкритичної екстракції необхідно передбачити виділення цінних органічних кислот і можливість коригування кислотності реакційного середовища як способу управління процесом.

Подальші наукові дослідження будуть спрямовані на проведення порівняльних досліджень вилучення виннокислих сполук та винної кислоти з ВВ різних сортів винограду.

### **Література**

1. Statistical report on world vitiviculture 2016 / International Organization of Vine and Wine. — Paris : International Organization of Vine and Wine, 2016. — 16 p.
2. Chemical composition of composted grape marc / A.F. Patti, G.J. Issa, R. Smernik, K. Wilkinson // Water Science Technology. — 2009. — Vol. 60(5). — P. 1265—1271.
3. Xi Wang Chemical characterization and antioxidant evaluation of muscadine grape pomace extract / Xi Wang, Huarong Tong, Feng Chen, J. David Gangemi // Food Chemistry. — 2010. — Vol. 123, Iss. 4. — P. 1156—1162.
4. Осипов В.Н. Экономическая целесообразность утилизации вторичных продуктов виноделия / В.Н. Осипов, А. Суружий, А. Солоид // Економіко-екологічні проблеми. — С. 39—45. [Електронний ресурс]. — Режим доступа : <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/19498/09-Osipov.pdf?sequence=1>.
5. Коничев А.С. Традиционные и современные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья: перспективы, достоинства, недостатки / А.С. Коничев, П.В. Баурин // Вестник МГУ. Серия «Естественные науки». — 2011. — № 3. — С. 49—54.
6. Pressurized hot water extraction (PHWE) / Chin Chie Teo [et al.] // Journal of Chromatography A. — 2010. — Vol. 1217, Iss. 16. — P. 2484—2494.
7. Green extraction of natural products: concept and principles / F. Chemat, M. Abert, V. Cravotto, G. Cravotto // Review. International Journal of Molecular Sciences. — 2012. — Vol. 13, # 7. — P. 8615—8627.
8. Plaza M. Pressurized hot water extraction of bioactives / M. Plaza, Ch. Turner // Trends in Analytical Chemistry. — 2015. — Vol. 71. — P. 39—54.
9. Разуваев Н.Н. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия. Москва : Пищевая промышленность, 1975. — 168с.
10. Патент 948996. Способ экстрагирования сахара и виннокислых соединений из сладкой виноградной выжимки. Заявка 3229166/28-13. Опубликовано 07.08.1982. МПК C12F 1/02.
11. Патент RU2372399, Способ извлечения виннокислых соединений из виноградной выжимки. Заявка: 2008102418/13, 22.01.2008 (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 22.01.2008 (46) Опубликовано: 10.11.2009 (56) (51) МПК 12Н1/06 (2006.01)-С12G1/12 (2006.01)С12Н1/02 (2006.01)(12).
12. Сукманов В.О. Аппаратурное оформление процесса экстрагирования биологически активных веществ из выжимок винограда в среде субкритической воды / В.О. Сукманов, Ю.М. Петрова, И.О. Лаговский // Актуальні проблеми та перспективи розвитку харчових виробництв, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу : тези доповіді Міжнар. наук-прак. конф., присвяченої, 40-річчю заснування факультету ХТГРТБ, (м. Полтава, 20—21 листопада, 2014р.). — Полтава : ПУЕТ, 2015. — С. 276—277.
13. Alexandrov A. (1998). Management system IAPWS-IF97 for calculating of thermodynamic properties of water and steam for industrial calculations. Additional equations. Fittings, 10, 64—72.
14. Харламова О.А. Натуральные пищевые красители / О.А. Харламова, Б.В. Кафка. — Москва : Пищевая промышленность, 1979. — 191 с.

## OPTIMIZATION OF THE COMPENSATION SYSTEM OF THE REACTIVE POWER OF THE SUGAR PLANT

V. Shesterenko, I. Izvolenskiy

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Alternating voltage  
Harmonics  
Power supply system  
Reactive power  
Compensation*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form  
03.10.2017  
Accepted 24.10.2017

---

**Corresponding author:**

V. Shesterenko

**E-mail:**

shest.iren.co@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Ways of increasing the effectiveness of reactive power compensation are examined in the article. The basic aspects of standardized methods power compensating devices choice, depending on the voltage and configuration of its individual elements are stated. The need to apply the power of higher harmonics filters with the non-sinusoidal ratio that is more than 8% is proved, which is typical for plants with thyristor converters. They are calculated from the calculated values of the non-sinusoidal ratio that is based on the composition and level of harmonics. Calculation of the filters should begin with the least harmonic filter. There is a need to check the admissibility of filter load with the electric current of corresponding harmonics. The total reactive power that is generated by the filters should be chosen from the condition of balance of reactive power.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-11

---

## ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

В.Є. Шестеренко, І.Є. Ізволєнський

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто шляхи підвищення ефективності компенсації реактивної потужності. Наведено основні аспекти нормативної методики вибору потужності компенсуючих пристроїв залежно від напруги мережі та конфігурації її окремих елементів. Підтверджено необхідність застосовувати силові фільтри вищих гармонік при коефіцієнті несинусоїдності більше 8%, що характерно для заводів з тиристорними перетворювачами. Останні розраховують за обчисленим значенням коефіцієнта несинусоїдності виходячи зі складу та рівня гармонік. Розрахунок фільтрів треба розпочинати з фільтра найменшої гармоніки. Необхідно перевірити допустимість завантаження фільтрів струмом відповідних гармонік. Сумарну реактивну потужність, що генерують фільтри, слід вибирати з умови балансу реактивної потужності.*

**Ключові слова:** змінна напруга, вищі гармоніки, система електропостачання, реактивна потужність, компенсація.

**Постановка проблеми.** Критерієм раціонального вирішення задачі компенсації реактивної потужності є мінімум приведених витрат. Вони складаються з витрат на компенсуючі, регулюючі та супутні пристрої, а також з витрат на регулювання реактивної потужності та передачу її по елементах мережі.

Електростанції мають обмежені можливості генерування реактивної потужності. Таким чином, реактивну потужність, що передається до електроприймачів, необхідно знижувати (компенсувати) до економічно обґрунтованого рівня. При компенсації необхідно враховувати такі загальні вимоги: на відміну від активної реактивну потужність можна генерувати в будь-якій точці мережі; наближення джерел реактивної потужності до споживачів сприяє розвантаженню мережі; баланс реактивної потужності має бути втриманий для всіх вузлів системи електропостачання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У літературних джерелах розглядаються засоби оптимізації реактивної потужності на підприємствах [2; 3] та деякі шляхи подолання негативних явищ, спричинених надлишком реактивної потужності [5; 9; 10], надаються певні рекомендації щодо оптимізації режимів роботи джерел реактивної потужності [11—13].

У цій площині є цікавим розгляд впливу вищих гармонійних складових на пристрої систем компенсації.

**Мета дослідження:** визначення джерел вищих гармонік у системах електропостачання та їх впливу на роботу обладнання, надання рекомендацій щодо боротьби із шкідливими проявами впливу гармонійних складових.

**Викладення основних результатів дослідження.** Заходи щодо зниження реактивної потужності, що передається споживачам, можна поділити на дві групи: заходи, що не потребують додаткових капітальних вкладень і спрямовані на раціоналізацію режимів роботи електрообладнання у напрямку зменшення реактивних навантажень; заходи з додатковими капітальними вкладеннями, які полягають у встановленні спеціальних джерел реактивної потужності. Першочерговою при проектуванні є перша група заходів. Але її недостатні можливості вимагають застосування спеціальних пристроїв для компенсації. На промислових підприємствах використовують для компенсації реактивних навантажень конденсатори і синхронні двигуни. Найбільшого поширення дістали конденсатори. Невелика маса, відсутність частин, що обертаються, незначні втрати енергії, простота обслуговування, безпечність і надійність в експлуатації дають змогу використовувати конденсатори для компенсації реактивної потужності на всіх ступенях системи електропостачання.

Споживання реактивної потужності протягом доби нерівномірне. Режим роботи всіх джерел реактивної потужності повинен відповідати графіку споживання реактивної потужності. Потужність КУ необхідно змінювати в залежності від графіка споживання реактивної потужності. Системам компенсації реактивної потужності підприємств притаманна ієрархічна структура та висока складність.

Напівпровідниковий перетворювач — це джерело вищих гармонік.

Основна причина несинусоїдальності струму перетворювачів — комутація вентилів без розриву струмів, що призводять до періодичних міжфазних КЗ в

мережі живлення. Комутаційні КЗ відрізняються від аварійних тільки короткочасністю, тобто вони тривають, доки струм фази, що виходить з роботи, не спаде до нуля. В кривій напруги з'являються комутаційні спотворення, форма, величина та кількість яких залежить від схеми випрямлення, кількості фаз випрямлення, потужності перетворювача, параметрів мережі живлення, кута регулювання перетворювача. Вказані спотворення мають періодичний характер, що дає змогу застосувати гармонічний аналіз.

Порядок вищих гармонік визначається за формулою:

$$v = mk \pm 1,$$

де  $m$  — число фаз випрямлення;  $k = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$  — послідовний ряд натуральних чисел.

Крім цих гармонік, виявлені «анормальні» гармоніки, парні та непарні. Поява таких гармонік пояснюється порушенням симетрії моментів відкривання окремих вентилів перетворювача внаслідок неякісного фазування їх по всіх каналах, а також унаслідок живлення пристроїв фазного управління несинусоїдальною, несиметричною та з коливаннями амплітуди напругою.

Для керованих випрямлячів зовнішня характеристика залежить від кута регулювання.

Вираз для періодичної функції струму перетворювача можна подати у такому вигляді:

$$I_v = \sqrt{(A_v)^2 + (B_v)^2},$$

де  $I$  — амплітуда струму гармоніки;  $A, B$  — коефіцієнти ряду Фур'є.

Таким чином, загальний вираз для коефіцієнтів ряду Фур'є вищих гармонік матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{2\sqrt{3} U_M}{v \pi X_a} \sin \frac{v \pi}{3} \left[ \frac{1}{v+1} \sin(v+1) \frac{\gamma}{2} \cdot \right. \\ &\quad \cdot \sin(v+1) \left( \alpha + \frac{\gamma}{2} \right) - \frac{1}{v-1} \sin(v-1) \frac{\gamma}{2} \cdot \\ &\quad \left. \cdot \sin(v-1) \left( \alpha + \frac{\gamma}{2} \right) \right]; \\ B_v &= \frac{2\sqrt{3} U_M}{v \pi X_a} \sin \frac{v \pi}{3} \left[ -\frac{1}{v+1} \sin(v+1) \frac{\gamma}{2} \cdot \right. \\ &\quad \cdot \sin(v+1) \left( \alpha + \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{1}{v-1} \sin(v-1) \frac{\gamma}{2} \cdot \\ &\quad \left. \cdot \sin(v-1) \left( \alpha + \frac{\gamma}{2} \right) \right]. \end{aligned}$$

де  $U_M$  — амплітуда кривої напруги мережі живлення;  $X_a$  — індуктивний опір контура комутації.

Значення струмів вищих гармонік залежить від навантаження перетворювачів енергії, індуктивності електричної мережі в точці приєднання перетворювача, кута керування та кута комутації.

Початкові фази вищих гармонік визначають за формулою:

$$\phi_v = \arctg \left( \frac{B_v}{A_v} \right).$$

Якщо вважати, що комутація проходить по прямій, а форма струму близька до низки трапецій, то

$$I_v = \frac{I_1}{v} \left| \frac{\sin \frac{v\gamma}{2}}{\frac{v\gamma}{2}} \right|,$$

де  $I_1$  — діюче значення першої гармоніки струму.

Для орієнтовних розрахунків можна користуватися виразом:

$$I_v = \frac{I_1}{v}.$$

Точність розрахунку різко зменшується із збільшенням кута комутації.

Фаза гармонік приблизно дорівнює:

$$\phi_v = \left( \alpha + \frac{\gamma}{2} \right) v.$$

Проведені дослідження показали, що в амплітудних спектрах струмів перетворювачів наявні як канонічні гармоніки (5, 7, 11, 13, 17, 19), так і неканонічні або аномальні гармоніки (2, 3, 4, 6, 8, 9). Основною причиною виникнення аномальних гармонік є асиметрія імпульсів керування. Амплітуди аномальних гармонік, як правило, незначні.

При коефіцієнті несинусоїдності меншому від 5% рекомендується застосовувати для компенсації батареї конденсаторів у комплекті із захисним реактором або фільтром. Потужність БК визначається з умов балансу реактивної потужності.

Напряга БК визначається за формулою:

$$U_{БК} = \frac{v_{\min}^2 U_{\text{НОМ}}}{(v_{\min}^2 - 1)},$$

де  $U_{\text{НОМ}}$  — номінальна напруга мережі, в якій установлюється конденсатор, що захищається реактором;  $v_{\min}$  — мінімальний порядковий номер гармоніки.

У разі застосування БК з послідовно ввімкненим захисним реактором необхідно забезпечити індуктивний характер кола для гармоніки з найменшою частотою з гармонік, що генеруються сумарним нелінійним навантаженням. Індуктивний опір захисного реактора на частоті 50 Гц визначається за формулою:

$$x_p \geq \frac{1,1 \cdot U_{\text{БК.НОМ}}}{(v^2 Q_{\text{БК.НОМ}})},$$

де  $Q_{\text{БК.НОМ}}$  — реактивна сумарна потужність БК.

При коефіцієнті несинусоїдності 5% і більше рекомендується застосовувати силові фільтри вищих гармонік (далі — просто фільтри). Останні розраховують за обчисленим значенням  $k_{\text{НС}}$ , виходячи зі складу та рівня гармонік. Розрахунок фільтрів треба розпочинати з фільтра найменшої гармоніки.

Необхідно перевірити допустимість завантаження фільтрів струмом відповідних гармонік.

Сумарну реактивну потужність, що генерують фільтри, слід вибирати з умови балансу реактивної потужності.

Фільтри створюють короткозамкнутий шлях з малим опором для окремих вищих гармонік. Добротність визначає точність настроювання фільтра:

$$Q = \frac{x}{r},$$

де  $x$  — індуктивний (ємнісний) опір фільтра;  $r$  — активний опір фільтра.

Ступінь невідповідності настроювання фільтра характеризується коефіцієнтом  $\delta$ , що враховує зміни частоти, відхилення ємності та індуктивності фільтра внаслідок старіння деталей фільтра та коливань температури, а також промислові допуски при виготовленні фільтра:

$$\delta = \frac{(\omega - \omega_{\text{НОМ}})}{\omega_{\text{НОМ}}},$$

де  $\omega_{\text{НОМ}}$  — частота настроювання.

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_{\text{НОМ}}} + \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta L}{L_{\text{НОМ}}} + \frac{\Delta C}{C_{\text{НОМ}}} \right).$$

Потужність фільтра визначається його реактивною потужністю на основній частоті і дорівнює неактивній потужності конденсаторів. Вибір фільтра здійснюється за критерієм, основанийому на гармоніках напруги.

Фільтр однієї частоти — це послідовне коло  $rLC$ , настроєне на частоту однієї гармоніки. Повний опір такого фільтра

$$z_{\phi} = r + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

на резонансній частоті  $f_{\text{ЮМ}}$  зменшується до величини активного опору.

Кутова частота настроювання фільтра:

$$\omega = \omega_{\text{НОМ}} (1 + \delta),$$

де  $\omega_{\text{НОМ}}$  — кутова частота настроювання фільтра.

Резонансний опір конденсатора чи котушки індуктивності визначається за формулами:

$$Q = \frac{x_o}{r};$$

$$x_o = \omega_{\text{НОМ}} L = \frac{1}{\omega_{\text{НОМ}} C} = \sqrt{\frac{L}{C}}; \quad C = \frac{1}{\omega_{\text{НОМ}} x_o} = \frac{1}{\omega_{\text{НОМ}} r Q}; \quad L = \frac{x_o}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{r Q}{\omega_{\text{НОМ}}}.$$

Повний опір фільтра:

$$z_{\phi} = r \left[ 1 + j Q \delta \left( \frac{2 + \delta}{1 + \delta} \right) \right].$$

Або ж  $z_{\phi} \approx r (1 + j 2 \delta Q) = x_o \left( \frac{1}{Q} + j 2 \delta \right)$ .

Розкривши значення  $x_o$ , одержимо

$$z_{\phi} \approx r \sqrt{(1 + 4 \delta^2 Q^2)}.$$

Розглянемо відповідні провідності фільтрів:

$$Y_{\phi} \approx \frac{1}{r (1 + j 2 \delta Q)} = G_{\phi} + j B_{\phi};$$

$$G_{\phi} = \frac{Q}{x_o (1 + 4 \delta^2 Q^2)}; \quad B_{\phi} = \frac{2 \delta Q^2}{x_o (1 + 4 \delta^2 Q^2)}.$$

Щоб зменшити рівень спотворення напруги, необхідно збільшити сумарну провідність кола — система живлення та фільтр.

Промисловість випускає фільтри з автоматичним настроюванням.

Напруга гармоніки:

$$U_v = \frac{I_v}{Y_v} = I_v \sqrt{\left\{ \left[ G_{cv} + \frac{1}{r (1 + 4 \delta^2 Q^2)} \right]^2 + \left[ B_{cv} - \frac{2 \delta Q}{r (1 + 4 \delta^2 Q^2)} \right]^2 \right\}}$$

Конденсатори можуть мати нижчу питому вартість, оскільки зменшуються вимоги до температурного коефіцієнта ємності. Добротність фільтра вища, і втрати енергії зменшуються.

Фільтр однієї частоти являє собою послідовне RLC-коло, налаштоване на частоту однієї гармоніки (зазвичай характеристичної гармоніки малого порядку).

Для оцінки максимального значення  $U_v$  необхідно встановити граничні значення величин, істинні значення яких точно невідомі: частотне відхилення  $\delta$  і повна провідність мережі  $Y_{cv}$ . Оскільки зі зростанням  $\delta$  напруга гармоніки збільшується, то для аналізу роботи фільтра має використовуватися найбільше очікуване значення відхилення частоти  $\delta_m$ . До того ж необхідно врахувати найгірші характеристики системи — найменшу повну провідність.



На підставі цих граничних значень розробник може визначити  $Q$  і потужність фільтра ( $B \cdot A$ ) на основній частоті.

Проте фільтри не завжди проектуються для забезпечення мінімуму напруги відповідної частоти. Зазвичай, максимальне значення  $Q$  вибирається з урахуванням використання фільтра для зниження втрат.

При розрахунку фільтра необхідно враховувати можливість виходу з ладу однієї або декількох фільтрових гілок. При цьому гілки фільтра, які залишились, можуть виявитися перевантаженими, тому що змушені пропускати всі струми гармонік, що генеруються перетворювачем.

Методику розрахунку фільтрів вищих гармонік рекомендується застосувати насамперед на цукрових заводах, оскільки велика потужність перетворювачів на цих заводах призводить до небажаного виходу з ладу електроприймачів.

### Висновки

1. Напівпровідникові перетворювачі струму та частоти стали потужними генераторами вищих гармонік у системах електропостачання.

2. Вищі гармоніки негативно діють на всі види електрообладнання, навіть на значній відстані від місця генерації гармонік. Енергосистеми знімають з себе відповідальність за причини виникнення гармонік.

3. Наявність у мережах конденсаторів, які використовуються для компенсації реактивної потужності, може призвести до місцевих резонансів, які, у свою чергу, можуть викликати надмірне збільшення струму в конденсаторах і вихід їх з ладу.

4. Вищі гармоніки негативно впливають на конденсатори. Рекомендується застосовувати для компенсації батареї конденсаторів у комплекті із захисним реактором при коефіцієнті несинусоїдності до 5%.

5. При коефіцієнті несинусоїдності 5% і більше рекомендується застосовувати силові фільтри вищих гармонік.

### Література

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. — Вінниця : Нова Книга, 2011. — 656 с.

2. Shesterenko V., Sydorochuk I. Reactive power compensation in the combined system of sugar refinery electricity / Ukrainian food journal. — 2013. — Volume 2, Issue 1. — С. 116—122.

3. Шестеренко В.Є. Оптимізація систем електроспоживання промислових підприємств. — Київ : ЧП «Глана», 2001. — 214 с.

4. Shesterenko V., Sidorchuk I. Research of the features of reactive power compensation in the combined system of food industry // Ukrainian Journal of Food Science. — 2013. — Volume 1, Issue 1. — P. 89—95.

5. Shesterenko V., Izvolensky I., Mashchenko O., Shesterenko O. Optimization of power supply system at food production enterprises / Ukrainian Journal of Food Science. — 2014. — Volume 2, Issue 1. — P. 97—105.

6. Klymenko Julia, Baluta Sergii (2013), Application of neural network regulator in cascade systems of regulation, // Ukrainian Food Journal, 2(1), pp. 111—115.

7. Shesterenko V., Mashchenko O., Shesterenko O. Problem of increasing the power factor in industrial enterprises // Ukrainian food journal. — 2015. — Volume 4, Issue 1. — P. 134—144.

8. Shesterenko V., Sofilkanych V. Local control of alternating current, received from solar panels power supply // Ukrainian Journal of Food Science. — 2015. — Volume 3, Issue 1. — P. 113—122.

9. Baljuta S., Shesterenko V., Mashchenko O. Control sources of reactive power as effective method of increased efficiency in power supply systems for food production // Journal of FOOD and PACKAGING Science, Technique and Technologies, Year 4, #7, 2015, Plovdiv, BULGARIA, pp. 30—35.

10. Шестеренко В.Є. Компенсація реактивної потужності як ефективний засіб зниження втрат електроенергії / В.Є. Шестеренко, І.Є. Изволенський // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Том 21, № 5. — С. 169—178.

11. Балюта С.М. Оптимальний режим роботи джерел реактивної потужності підприємства / С.М. Балюта, І.Є. Изволенський, В.Є. Шестеренко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2013. — № 51. — С.84—90.

12. Шестеренко В.Є. Електропостачання промислових підприємств / В.Є. Шестеренко, О.В. Шестеренко. — Київ : 2013. — 424 С.

13. Шестеренко В.Є. Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в системах електропостачання / В.Є. Шестеренко, І.Є. Изволенський // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. —Том 23, № 2. — С. 140—146.

УДК 621.311.153

## **SYSTEM ANALYSIS AND APPROACHES TO THE CONSTRUCTION OF THE AUTOMATED ELECTRICITY MANAGEMENT SYSTEM AND ELECTRICAL SUPPLY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE**

S. Baluta, L. Kopilova, I. Litvin

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Electric power consumption by industrial enterprises  
Automated control systems  
Power consumption system and power supply of an industrial enterprise  
System analysis*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form 05.10.2017  
Accepted 27.10.2017

---

**Corresponding author:**

S. Baluta  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

---

The article presents the analysis of the state of power consumption management and power supply of industrial enterprises. A systematic analysis of the process of management of power consumption and power supply of the industrial enterprise was carried out, which, based on the decomposition of the control process, allowed to determine the main stages of the control process: the basic control functions — registration of the EE consumption, the choice of the model and the forecasting of the EE expenses; calculation of norms of EE expenses, calculation of parameters of EE quality; formation of the list of electric consumers of regulators; conditions for management functions — information on the cost of EE, restrictions and tariffs; requirements for the accuracy of the electricity consumption forecast; mechanisms of control functions implementation — information and computing complex; power supplier, process operator; chief power engineer; basic information flows — predicted values of temperature; current data on EE costs and output; making decisions on the cost of EE. The concept of building an automated control system for power consumption and power supply of an industrial enterprise was formulated. The main functional blocks of the control system are presented.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-12

---

## **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

С.М. Балюта, Л.О. Копилова, І.Ю. Литвин

*Національний університет харчових технологій*

*У статті проаналізовано аналіз стану керування електроспоживанням та електропостачанням промислових підприємств. Проведено системний аналіз процесу керування електроспоживанням та електропостачанням промисло-*

вого підприємства, який на основі декомпозиції процесу керування дає змогу визначити основні етапи процесу керування: базові функції керування — реєстрація споживання ЕЕ, вибір моделі і прогнозування витрат ЕЕ; розрахунок норм витрат ЕЕ, розрахунок параметрів якості ЕЕ; формування переліку електроспоживачів регуляторів; умови забезпечення функцій керування — інформація про витрати ЕЕ, обмеження та тарифи; вимоги до точності прогнозу електроспоживання; механізми реалізації функцій керування — інформаційно-обчислювальний комплекс; енергодиспетчер, оператор технологічного процесу; головний енергетик; базові інформаційні потоки — прогнозні значення температури; поточні дані про витрат ЕЕ та випуск продукції; прийняття рішень щодо витрат ЕЕ. Сформульовано концепцію побудови автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства. Представлено основні функціональні блоки системи керування.

**Ключові слова:** споживання електроенергії промисловими підприємствами, системи автоматизованого керування, система електроспоживання та електропостачання промислового підприємства, системний аналіз.

**Постановка проблеми.** Зменшення споживання електричної енергії є актуальним для промисловості, оскільки дає змогу підвищити ефективність використання генеруючих потужностей, зменшити втрати електроенергії при транспортуванні та енергоемність продукції, що випускається підприємствами. Для забезпечення раціональних рівнів споживання електричної енергії доцільно регулювати напругу в електричних мережах промислових підприємств.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням керування електроспоживанням присвячені праці [1—6]. Так, в [1] проаналізовано ПЗ систем комерційного обліку ЕЕ і комплексу технічних засобів (КТС) «Енергоміра», представлене сукупністю програмних модулів для організації комерційного обліку ЕЕ на енергетичних об'єктах. Такими об'єктами можуть виступати АТ «Енерго», РЕМ, підстанції та інші споживачі ЕЕ.

Програмне забезпечення КТС «Енергоміра» включає:

- АРМ диспетчера, який здійснює обробку даних з УСД і УСПД, подання їх у вигляді графіків і таблиць;
- генератор звітів для створення різних форм документів;
- програми збору даних та формування БД; :
- програми адміністрування КТС для визначення параметрів пристроїв системи.

ПЗ, представлене в [1; 2], створено різними організаціями, які не взаємодіють між собою при його створенні. Це викликає істотні ускладнення при спільному використанні.

У статті [3] представлена дворівнева автоматизована система обліку споживання ЕЕ «Е1–Енерго–облік». Нижній рівень системи містить електронні лічильники «Євро Альфа» і «Альфа Плюс» з цифровими каналами зв'язку, а

верхній — сучасні комп'ютери з АРМ. Система побудована за архітектурою «клієнт–сервер». Вона дає змогу підтримувати довільну кількість клієнтських комп'ютерів з АРМ. Однак цією системою вирішуються лише завдання обліку ЕЕ.

Останнім часом все більше застосування знаходять АСКОВЕ нового покоління, основу побудови яких складають сучасні промислові контролери [4]. Ці системи орієнтовані на вирішення завдань комерційного обліку споживання ЕЕ і потужності, а також технічного обліку і моніторингу електричних навантажень промислових підприємств в режимі реального часу (РЧ).

Розглянуті в [4—6] системи виконують функції контролю електричної потужності і ЕЕ. Ці системи не реалізують функцій нормування, планування, прогнозування та оптимізації керування електроенергетикою промислових підприємств, що дають змогу отримати основний економічний ефект.

**Мета дослідження** полягає у синтезі автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства на основі системного аналізу процесу керування передаванням, розподілом і споживанням ЕЕ.

**Викладення основних результатів дослідження.** Керування електроспоживанням та електропостачанням є найважливішою підсистемою автоматизованої системи керування промисловим підприємством, що обумовлює ефективність електропостачання підприємства.

На теоретико-множинному рівні процес керування організаційно-технічними об'єктами представляється у вигляді відображень окремих етапів

$$F_n : \{L \times K \times Z \times P_{\text{вх}}\} \rightarrow P_{\text{вих}}, n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де  $L$  — етап формування основних функцій керування;  $K$  і  $Z$  — відповідно етапи формування можливих сполучень основних умов і механізмів реалізації функцій керування;  $P = P_{\text{вх}} \cup P_{\text{вих}}$  — етап формування можливих сполучень основних інформаційних потоків;  $P_{\text{вх}}$  і  $P_{\text{вих}}$  — множини вхідних і вихідних інформаційних потоків.

При керуванні процесом транспортування, розподілу та споживання електричної енергії промислового підприємства виділяють такі етапи:

1. Етап формування основних функцій керування:  $L_1$  — реєстрація споживання електричної енергії, стану електричної мережі та ПЯЕЕ і перевірка даних вимірювань на достовірність;  $L_2$  — вибір моделі і прогнозування витрат (споживання) електроенергії (ЕЕ) у виробничих підрозділах і підприємстві;  $L_3$  — розрахунок норм витрат ЕЕ, планування витрат ЕЕ і формування балансів ЕЕ;  $L_4$  — розрахунок параметрів якості електричної енергії, параметрів режиму СЕП, аналіз конфігурації електричної мережі;  $L_5$  — формування переліку електроспоживачів регуляторів та їх оптимального складу (ЕСР);  $L_6$  — формування бази даних (БД) з керування витратами ЕЕ підприємства і підтримання її в актуальному стані.  $L_7$  — прийняття рішень щодо витрат ЕЕ

виробничих підрозділів і підприємства, максимальної споживаної потужності;  $L_8$  — прийняття рішень щодо вибору конфігурації електричної мережі, підвищення показників якості електричної енергії, оптимізації режимів роботи СЕП.

2. Етап формування основних умов реалізації функцій керування:  $K_1$  — інформація про витрати ЕЕ підприємством (нормативні акти);  $K_2$  — інформація про обмеження та тарифи, що містяться в договорі на постачання ЕЕ на підприємство);  $K_3$  — вимоги до точності метрологічних прогнозів;  $K_4$  — вимоги до точності прогнозу електроспоживання;  $K_5$  — порядок взаємодії з системою керування БД (СУБД);  $K_6$  — вимоги до показників якості електричної енергії та надійності електропостачання.  $K_7$  — вимоги до параметрів режиму СЕП.

3. Основні елементи і механізми, які реалізують функції керування:  $Z_1$  — інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) служби головного енергетика, який надає інформацію про стан і режими СЕП;  $Z_2$  — енергодиспетчер, який формує обмеження для виконання нормативів щодо енергоспоживання; режимів функціонування СЕП; показників якості електричної енергії та конфігурації електричної мережі  $Z_3$  — оператор технологічного процесу, який формує обмеження щодо споживачів регуляторів;  $Z_4$  — головний енергетик, який формує обмеження для виконання вимог енергосистеми, надійності електропостачання;  $Z_5$  — датчики для вимірювання електроспоживання, параметри якості електричної енергії; стану елементів СЕП і електричні апарати для комутації споживачів та зміни конфігурації СЕП;  $Z_6$  — БД АСУ енергетикою підприємства, яка використовується для підготовки рішень.

4. Основні інформаційні потоки, які використовуються для реалізації функції керування:  $P_1$  — прогнозні значення температури навколишнього середовища і вологості повітря, отримані з метеостанції;  $P_2$  — поточні дані про витрат ЕЕ виробничими підрозділами і підприємством;  $P_3$  — поточні дані про обсяги продукції, виробленої підрозділами і підприємством;  $P_4$  — поточні дані про включені споживачі регулятори та збитки, які обумовлені їх відключенням;  $P_5$  — ліміт електроспоживання підприємства;  $P_6$  — поточні дані про витрати ЕЕ;  $P_7$  — дані про поточну температуру навколишнього середовища;  $P_8$  — прогнозні значення витрат ЕЕ по підрозділах і підприємству;  $P_9$  — план витрат ЕЕ підприємством;  $P_{10}$  — прийняття рішень щодо витрат ЕЕ;  $P_{11}$  — керуючі дії з регулювання витрати ЕЕ;  $P_{12}$  — оптимальний склад споживачів регуляторів;  $P_{13}$  — поточні дані про ПЯЕЕ;  $P_{14}$  — поточні дані про параметри режиму СЕП;  $P_{15}$  — поточні дані про конфігурацію СЕП;  $P_{16}$  — керуючі діяння з керування ПЯЕЕ;  $P_{17}$  — керуючі діяння зміни конфігурації СЕП;  $P_{18}$  — керуючі діяння з оптимізації режимів СЕП.

Результати системного аналізу процесу керування електроспоживанням промислових підприємств представляються у вигляді відображень для окремих етапів:

- реєстрації споживання ЕЕ, стану електричної мережі та ПЯЕЕ та перевірки на достовірність вимірювальної інформації:

$$F_1 : \{L_1, (P_1, P_2), K_3, (Z_1, Z_2, Z_5)\} \rightarrow (P_6, P_7); \quad (2)$$

- вибору моделі та проведення прогнозування електроспоживання:

$$F_2 : \{L_2, (P_3, P_6, P_7), (K_1, K_4), Z_1\} \rightarrow P_8; \quad (3)$$

- нормування, планування та формування балансів по окремим підприємствам та підприємству:

$$F_3 : \{L_3, (P_3, P_8), K_1, (Z_1, Z_2)\} \rightarrow P_9; \quad (4)$$

- проведення аналізу режимів СЕП, ПЯЕЕ та надійності СЕП:

$$F_4 : \{L_4, (P_3, P_4, P_5), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5)\} \rightarrow P_3, P_4, P_5; \quad (5)$$

- формування переліку споживачів регуляторів та їх оптимального складу:

$$F_5 : \{L_5, (P_2, P_3, P_5, P_8), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_4, P_2; \quad (6)$$

- прийняття рішення по витратах ЕЕ:

$$F_6 : \{L_7, (P_5, P_6, P_9, P_{12}), (K_1, K_2), (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)\} \rightarrow P_{10}, P_{11}; \quad (7)$$

- прийняття рішення про зміну конфігурації й оптимізацію режимів СЕП, нормалізацію ПЯЕЕ:

$$F_7 : \{L_8, (P_{13}, P_{14}, P_{15}), (K_6, K_7), (Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6)\} \rightarrow P_{16}, P_{17}, P_{18}; \quad (8)$$

- формування та підтримання в актуальному стані БД по керуванню витратами ЕЕ:

$$F_8 : \{L_6, (P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{12}), K_5, (Z_1, Z_3, Z_6)\} \rightarrow P_3, P_4, P_5, P_6, P_8, P_9. \quad (9)$$

Виконана декомпозиція цієї системи, яка забезпечила цілісність її представлення і відображає інформаційну взаємодію, умови і механізми.

Побудуємо структуру системи автоматизованого керування електроспоживанням та електропостачанням підприємства на основі системного аналізу. Використовуючи результати системного аналізу, сформулюємо вимоги до окремих функціональних підсистем автоматизованого керування електроспоживанням та електропостачанням промислових підприємств.

Функціональний блок моніторингу електроспоживання, за допомогою якого здійснюється автоматичної передачі даних з приладів обліку ЕЕ. Часовий інтервал знімання даних визначається, виходячи з точності обчислення параметрів, що описують процес споживання ЕЕ.

Ефективність керування електроспоживанням промислових підприємств значною мірою залежить від якості первинної інформації, що знімається з вимірювальних приладів для подальшої обробки.

На початковому етапі контроль достовірності цієї інформації здійснюється шляхом аналізу апріорних даних про параметри електроспоживання під-

приємства, таких як допустимі межі і характер їх зміни в часі, несуперечливість та ін. Додатковий контроль полягає у використанні різних залежностей між параметрами електроспоживання підприємства.

Функціональний блок прогнозування електроспоживання проводить прогноз (добовий, місячний і річний) електроспоживання підприємства і виробничих підрозділів. Для прогнозування використовуються як статистичні моделі, так і ШНМ, що дають змогу врахувати різноманіття факторів, які впливають на норми і ліміти споживання ЕЕ енергооб'єктами підприємства.

Функціональний блок аналізу й оптимізації електроспоживання на основі автоматизації збору і обробки інформації про електроспоживання промислових підприємств проводиться оперативне співставлення і оптимізація річних, квартальних та місячних балансів по ЕЕ для підприємств і окремих виробничих підрозділів (цехів), а також забезпечується їх точність і достовірність за рахунок виключення помилкових записів показань приладів.

На основі балансів по ЕЕ:

- виконується аналіз електроспоживання;
- визначаються напрямки економії ЕЕ;
- виявляються можливості скорочення втрат ЕЕ;
- намічаються заходи щодо поліпшення електроспоживання;
- виконується вибір оптимальної стратегії планування електроспоживання.

Електричний баланс є базою для вдосконалення нормування електроспоживання, суть якого зводиться до застосування при плануванні економічно і науково обґрунтованих норм витрати ЕЕ.

Функціональний блок контролю за виконанням питомих норм витрат ЕЕ і раціонального електроспоживання забезпечує процес прийняття керуючого і повинен здійснюватися експертом або групою експертів на основі професійно-логічного аналізу з використанням систем підтримки прийняття рішень (СППР) для електроенергетики.

Використання СППР забезпечує:

- прийняття більш точних і ефективних рішень з керування електроенергетикою промислового підприємства і виробничих підрозділів;
- підвищує якість прийняття рішень в умовах неповноти і невизначеності вихідної інформації;

- скорочує час і трудомісткість процесу прийняття рішень. Щодо видається зведена відомість показників електроспоживання по виробничим підрозділам, таких як фактичні та планові абсолютні і питомі витрати ЕЕ, коефіцієнти використання встановлених лімітів і вартісні показники. За необхідності зведена відомість може бути видана за вимогою персоналу енергетичного бюро СГЕ в будь-який момент часу. Особливо це необхідно при збоях в електропостачанні підприємства і дефіциті потужності в ЕЕС.

За цією інформацією СГЕ на основі використання СППР приймаються обґрунтовані рішення щодо параметрів електроспоживання підприємства і його підрозділів. СППР містить систему оперативно-диспетчерського контролю та керування, що забезпечує оперативне прийняття рішень, в тому числі в аварійних ситуаціях у системі електропостачання підприємства і при дефіциті потужності в ЕЕС.



Так само прийняття управлінських рішень підтримується засобами візуалізації, що реалізують графічні моделі.

На основі запропонованих методик нормування споживання ЕЕ приймаються рішення щодо управління електроспоживанням.

Функціональний блок оптимізації режимів електропостачання на основі вимірних значень напруги у вузлових точках СЕП, активних та реактивних потужностей на основі математичних моделей забезпечує формування рівнів напруги, які забезпечують раціональні рівні втрат електричної енергії в розподільних електричних мережах підприємств.

У функціональному блоці контролю показників якості електричної енергії (ПЯЕЕ) за допомогою вимірювальних приладів, встановлених на різних ієрархічних рівнях СЕП, визначаються ПЯЕЕ, за допомогою математичних моделей визначаються технічні засоби забезпечення нормативних ПЯЕЕ.

Для забезпечення функціонування функціональних блоків розробляються відповідні алгоритми керування.

### Висновки

Синтез автоматизованої системи керування електроспоживанням та електропостачанням промислового підприємства доцільно проводити на основі системного аналізу. Це дає змогу встановити основні функції керування, умови реалізації функцій керування, елементи і механізми, які реалізують функції керування, основні інформаційні потоки, які використовуються для реалізації функцій керування, сформулювати окремі етапи процесу керування і визначити основні функції блоків керування.

### Література

1. *Мирзоян Ю.Ц.* Программное обеспечение КТС «Энергомера» / Ю.Ц. Мирзоян // Энергетик. — 2000. — № 8. — С. 42—44.
2. *Капитонова Л.* Территориально-распределенная автоматизированная система учета и контроля электропотребления / Л. Капитонова, Б. Туганов, В. Сатаров // Современные технологии автоматизации. — 1996. — № 1. — С. 78—80.
3. *Булаев Ю.В.* Комплексная автоматизация энергоснабжения предприятия / Ю.В. Булаев, В.А. Табаков, В.В. Еськин // Промышленная энергетика. — 2001. — № 2. — С. 11—15.
4. *Егоров В.А.* АСКУЭ современного предприятия / В.А. Егоров // Энергетик. — 2001. — № 12. — С. 41.
5. *Ковезев С.Н.* Создание АСКУЭ на базе ИВК «Спрут» / С.Н. Ковезев, В.В. Уразов, В.В. Чумаков // Энергетик. — 2001. — № 2. — С. 11—13.
6. Автоматизация учета энергопотребления / Э. Молокан [и др.] // Современные технологии автоматизации. — 1996. — № 1. — С. 74—76.

## DETERMINING THE CONTENT OF BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES IN THE DEVELOPED COMPOSITIONS OF SPICES

U. Kuzmyk, N. Yushchenko, V. Pasichnyi, I. Mukoliv

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Aromatic raw materials  
Phenolic compounds  
Spices compositions  
Rutin  
Tannin  
Catechin*

---

**ABSTRACT**

The article substantiates the expediency of using spice compositions in the technology of sour milk products. It has been determined that spices compositions are characterized by a high content of biologically active substances: the content of phenolic compounds is 42.4...223.4 mg/100 g; of rutin — 2.2...3.1 mg/100 g; of catechin — 1.6...5.6 mg/100 g; of tannin — 0.4...9.4 mg/100 g. The degree of maintenance of daily human needs of biologically active substances is: rutin — up to 8.0 %, tannin — up to 4.7%, catechin — up to 5.6%.

---

**Article history:**

Received 14.09.2017  
Received in revised form  
04.10.2017  
Accepted 27.10.2017

---

**Corresponding author:**

U. Kuzmyk

**E-mail:**

[npnuht@ukr.net](mailto:npuht@ukr.net)

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-13

---

## ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У РОЗРОБЛЕНИХ КОМПОЗИЦІЯХ ПРЯНОЦІВ

У.Г. Кузьмик, Н.М. Ющенко, В.М. Пасічний, І.М. Миколів

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано доцільність використання композицій прянощів у технології паст кисломолочних. Визначено, що розроблені композиції прянощів характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин: фенольних сполук — 42,4...223,4 мг/100 г, у тому числі рутину — 2,2...3,1 мг/100 г та катехіну — 1,6...5,6 мг/100 г, а також таніну — 0,4...9,4 мг/100 г. Ступінь забезпечення добової потреби людини біологічно активними речовинами при вживанні кисломолочних паст з композиціями прянощів становить: рутин — до 8,0%, танін — до 4,7%, катехін — до 5,6%.

**Ключові слова:** пряно-ароматична сировина, фенольні сполуки, композиції прянощів, рутин, танін, катехін.

**Постановка проблеми.** Кисломолочні продукти традиційно займають провідні позиції у раціоні харчування всіх верств населення завдяки високій

харчовій цінності та дієтичним властивостям. На сьогодні асортиментний ряд кисломолочних паст в основному представлений десертними видами з доволі високим (до 10%) вмістом цукру. З огляду на те, що раціон харчування сучасної людини пересичений легкозасвоюваними вуглеводами, розробка нових видів кисломолочних паст зі смако-ароматичними інгредієнтами без додавання цукру є актуальним завданням.

Перспективним у цьому напрямі є використання натуральних прянощів. Прянощі відрізняються високим вмістом біологічно активних речовин та, хоча і використовуються у складі продуктів у невеликих кількостях, сприяють засвоюванню їжі, а також активізують обмін речовин в організмі, мають певні бактерицидні й антиокислювальні властивості. Комбінування натуральної пряно-ароматичної сировини дасть змогу збагатити комплексом біологічно активних речовин і надати продуктам оригінальних смако-ароматичних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З аналізу досліджень відомо, що вагомим значенням при використанні пряно-ароматичної сировини в продуктах харчування є те, що вони містять комплекс фенольних сполук. Фенольні сполуки — це низькомолекулярні речовини, які мають у своїй молекулі ароматичне (бензольне) кільце, що містить одну, дві або більше гідроксильних груп, в тому числі заміщених, окислених до карбоксилу [1; 2]. Вміст флавоноїдів у рослинах в середньому складає 0,5...5,0%, а іноді — до 30%. Окремі фенольні сполуки виявляють Р-вітамінну активність, мають здатність зменшувати хрупкість кровоносних капілярів (рутин), підсилюють дію аскорбінової кислоти, надають седативної дії тощо [3].

Пряно-ароматична сировина, що містить дубильні речовини (зазвичай від 0,5% до 5,5%), виявляє в'язучі й бактерицидні властивості [4, 5].

**Мета дослідження:** визначення вмісту біологічно активних речовин у розроблених композиціях на основі натуральної пряно-ароматичної сировини.

**Матеріали і методи.** Дослідження здійснені в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Наукові засади розроблення ресурсощадних технологій білоквмісних поліфункціональних концентратів для харчових продуктів цільового призначення» (№ держреєстрації 0117U001243).

Сумарний вміст фенольних сполук визначався за допомогою електрофотоколориметра КФК-2МП при довжині хвилі 640 нм із застосуванням реактиву Фоліна-Чокальтеу, що складається із суміші фосфорно-вольфрамової й фосфорно-молібденової кислот, які відновлюються під час окиснення фенолів до суміші оксидів. При цьому утворюється блакитне забарвлення, інтенсивність якого пропорційна до кількості фенольних сполук. Кількість фенольних сполук визначалась за допомогою калібрувального графіка, побудованого за стандартними розчинами галової кислоти [6].

Вміст таніну, рутину та катехіну визначався методом титрування 10 см<sup>3</sup> водного екстракту 0,1 н. розчином КМnO<sub>4</sub>. Завершення процесу титрування встановлювався за появою золотисто-жовтого відтінку. Результат множився на перерахунковий коефіцієнт (для переведення 0,1 н. розчину КМnO<sub>4</sub> в 1 мг фенольних сполук, що містяться у 10 см<sup>3</sup> взятого на титрування екстракту). Коефіцієнт перерахунку становив: для таніну 4,16; рутину — 9,8; катехіну — 5,5.

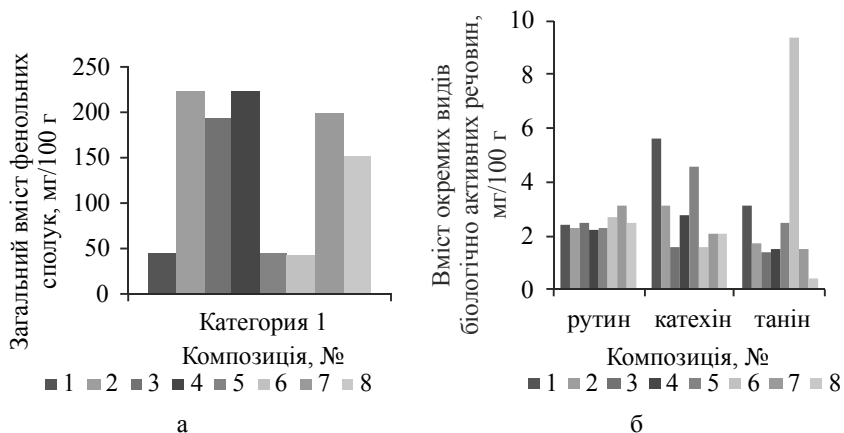
Ступінь забезпечення добової потреби у кожному з компонентів ( $C_3$ , %) розраховувався за формулою:

$$C_3 = M_{\text{кп}}/M_{\text{фзх}} \cdot 100,$$

де  $M_{\text{кп}}$  — вміст компоненту у 100 г продукту, г;  $M_{\text{фзх}}$  — добова потреба організму у кожному з компонентів, г.

**Викладення основних результатів дослідження.** На підставі попередніх досліджень були розроблені композиції прянощів для кисломолочних паст, кількісний вміст окремих компонентів визначався на основі композиційних сумішей, із врахуванням інтенсивності ароматичних характеристик кожної пряності. Розроблені композиції прянощів у такому складі — духмяний перець:імбир:кориця у співвідношенні 1:1:1 (композиція № 1); гвоздика:духмяний перець:імбир у співвідношенні 0,8:1:1 (композиція № 2); імбир:куркума:сумах у співвідношенні 1:1:8 (композиція № 3); аніс: гвоздика:імбир:чорний перець (композиція № 4); духмяний перець:імбир:кардамон:пажитник у співвідношенні 1:1:0,8:1,2 (композиція № 5); аніс:імбир:мускатний горіх:чорний перець у співвідношенні 1:1:1:1 (композиція № 6); бадьян:імбир:куркума:сумах у співвідношенні 1:1:1:8 (композиція № 7); імбир:сумах у співвідношенні 1:8 (композиція № 8) [7].

Встановлено, що всі композиції прянощів характеризувались високим вмістом фенольних сполук (рис. 1).



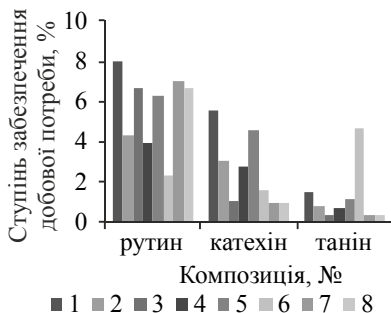
**Рис. 1.** Вміст біологічно активних речовин у композиціях прянощів: а — загальний вміст фенольних сполук (за гальною кислотою); б — вміст рутину, катехіну, таніну

Встановлено, що найбільший вміст фенольних сполук містять композиції прянощів, до складу яких входить гвоздика та сумах — 223,4 мг/100 г (композиції № 2 і № 4) та 199,1 мг/100 г (композиція № 7).

Композиція прянощів №1, хоча характеризувалась не найвищим загальним вмістом фенольних сполук, але вміст окремих біологічно активних речовин (рутину, катехіну і таніну) знаходиться на рівні з іншими композиціями прянощів. Найвищим вмістом таніну характеризувалась композиція № 6 — 9,4 мг/100 г.

Додавання композицій прянощів до паст кисломолочних у кількості від 0,27 до 1,1% забезпечує добову потребу в рутині до 8,0%, таніні — до 4,7%,

катехіні — до 5,6% (при споживанні 100 г пасти кисломолочної з композиціями прянощів) (рис. 2).



**Рис. 2.** Ступінь забезпечення добової потреби людини у рутині, катехіні та таніні при споживанні паст кисломолочних із композиціями прянощів

Таким чином, використання у складі рецептур кисломолочних паст розроблених композицій прянощів дасть змогу збагатити продукти комплексом біологічно активних сполук, зокрема фенольними сполуками з Р-вітамінною активністю й таніном до 4,7%.

### **Висновки**

Встановлено, що композиції прянощів характеризуються достатньо високим вмістом біологічно активних речовин: вміст фенольних сполук — 42,4...223,4 мг/100 г; рутину — 2,2...3,1 мг/100 г; катехіну — 1,6...5,6 мг/100 г; таніну — 0,4...9,4 мг/100 г. Використання такої пряно-ароматичної сировини у складі рецептур кисломолочних паст дасть змогу збагатити продукти необхідними для організму людини біологічно активними речовинами.

На нашу думку, достатньо високий вміст фенольних сполук композицій прянощів обумовлює виражені антибактеріальні властивості навіть при невеликих кількостях додавання.

### **Література**

1. Dietary polyphenols and the prevention of diseases / A. Scalbert, C. Manach, C. Morand [et al.] // *Critical reviews in food science and nutrition*. — 2005. Vol. 45. — P. 287—306.
2. *Khoddami A.* Techniques for analysis of plant phenolic compounds / A.Khoddami, M.A.Wilkes, T.H. Roberts // *Molecules* — 2013. — V. 18. — P. 2328—2375.
3. *Bakker J.* Volatile components. Second edition [Text] / J. Bakker, R.J. Clarke. — Wine Flavour Chemistry, 2012. — P. 155—238.
4. *Ukrainets A.* Oleoresins effect on cooked poultry sausages microbiological stability / A.I. Ukrainets, V. Pasichniy, Yu. Zheludenko, S. Zadkova // *Ukrainian Food Journal*. — 2016. — Volume 5. — Issue 1. — С. 124—134.
5. *Прибильський В.Л.* Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях ферментованих напоїв / В.Л. Прибильський, І.В. Мельник, С.В. Омельчук // *Харчова наука і технологія*. — 2014. — № 3(28). — С. 47—51.
6. *Фрукти, овочі та продукти їх переробки. Методи визначення вмісту поліфенолів: ДСТУ 4373:2005.* — [Чинний від 2005-28-02]. — Київ : Держспоживстандарт України, 2006. — 6 с.
7. Обґрунтування терміну зберігання пастоподібних кисломолочних продуктів з прянощами / Н.М. Ющенко, У.Г. Кузьмик // *Ukrainian Food Journal*. — 2012. — № 1. — С. 34—37.

## FUNCTIONAL CHANGES IN HUMAN ORGANISM WITHIN EXTREME CONDITIONS AND THEIR BIOLOGICAL CORRECTION WITH FOODSTUFF COMPONENTS

G. Simakhina, N. Naumenko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Military personnel  
Functional foodstuffs  
Extreme conditions  
Adaptation  
Nutrients  
Rehabilitation*

---

**Article history:**

Received 10.09.2017  
Received in revised form  
28.09.2017  
Accepted 18.10.2017

---

**Corresponding author:**

G. Simakhina  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The authors of this article accomplished a literary data based analysis of functional changes in the organisms of the people constantly exposed to physical and nervous-psychological overstrain, which might place them on the edge of physiological possibilities, cause an array of diseases, and lower sharply the quality of their life. First of all, this problem concerns military personnel fulfilling their duties in the zone of Anti-Terrorist Operation. The authors also proved the necessity to create and to confirm the effectiveness of the new foodstuffs which would be adequate to the nutritive needs of soldiers in the conditions of their current life. These foodstuffs were studied as those which are able to inductively influence the activation of metabolic processes to complete the specific duties connected with combat operations, and also help the soldiers to restore their strength in a short period of time. The article is based on the materials of the research work entitled “Technology of Functionally Destined Foodstuffs for Military Personnel,” state registration number 0115U000376 (2015—2016).

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-14

---

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗМІНИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ТА ЇХ БІОКОРЕГУВАННЯ КОМПОНЕНТАМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті на основі літературних даних здійснено аналіз функціональних змін в організмі осіб, які постійно піддаються фізичним і нервово-психоемоційним перевантаженням, що ставить їх на межу фізіологічних можливостей, викликає ряд захворювань і різко знижує якість життя. Це передусім стосується військовослужбовців, які впродовж трьох останніх років виконують свій службовий і громадянський обов'язок у зоні АТО. Обґрунтовано необхідність створення та показано ефективність використання нових харчових продуктів, адекватних нутритивним потребам війсь-*

кових в умовах їхньої життєдіяльності, спроможних забезпечити індукуючий вплив на активацію метаболічних процесів, необхідних для виконання специфічних навантажень, пов'язаних із бойовими діями, а також здатність до швидкого самовідновлення. Статтю підготовлено за матеріалами науково-дослідної роботи «Технологія харчової продукції функціонального призначення для військовослужбовців», номер державної реєстрації 0115U000376 (2015—2016 рр.)

**Ключові слова:** військовослужбовці, функціональні харчові продукти, екстремальні умови, адаптація, нутрієнти, реабілітація.

**Постановка проблеми.** Протягом останніх трьох років життєдіяльність військовослужбовців, передусім у зоні АТО, проходить в умовах впливу цілої низки несприятливих чинників.

З цих чинників можна виокремити три основні групи: першу групу складають природні чинники, характеристика яких пов'язана з клімато-географічними умовами регіону, переміщеннями з одного місця дислокації на інше і необхідністю адаптації до них. До другої групи входять різноманітні впливи (газовий склад повітря, барометричний тиск, шум вибухів, вібрація, іонізуюче випромінювання, гарматні постріли тощо), можливість і повнота адаптації до яких залежать як від інтенсивності впливів, так і від тривалості їхньої дії. Третю групу чинників складають особливості професійної діяльності військовослужбовців, передусім в умовах бойових дій, які призводять до порушення функціональної діяльності органів і систем, психологічного виснаження та соматичних захворювань [1].

Зважаючи на доведений офіційною медициною взаємозв'язок між структурою харчування та станом здоров'я людини, зрозуміло, що проблема підвищення адаптаційних можливостей організму військовиків, їхньої здатності переносити тривалі фізичні і психоемоційні перенавантаження без зниження «резервів здоров'я» привертає увагу не лише медиків, фізіологів, психологів, а й фахівців харчової промисловості, передусім тих, які спеціалізуються на проектуванні, створенні та виробництві нового покоління продукції, адекватної нутритивним потребам організму в екстремальних умовах [2].

Історія цілеспрямованого пошуку харчових сировинних джерел, розроблення спеціальних харчових продуктів і сформованих на їхній основі раціонів для військовослужбовців налічує всього десяток років.

У незалежній Україні проблема створення спеціальних харчових раціонів для військових ніколи не розглядалась ні у МОЗ, ні у Міністерстві оборони. Література з даного питання представлена кількома розрізненими публікаціями вітчизняних науковців і дисертаціями медичного спрямування. Відомі спроби підвищити стійкість організму до екстремальних чинників ґрунтуються на використанні медичних препаратів, у тому числі адаптогенів і психостимуляторів. Основна їхня дія полягає у подоланні нервового контролю над виснаженням, пригніченні сигнального зростання втоми. Психостимулятори значно збільшують фізичну працездатність навіть упродовж тривалого терміну.

Однак найбільшим недоліком уживання певних груп медичних препаратів є підвищена небезпека для здоров'я людини, можливість передозування, що не дає змоги використовувати їх як засоби широкого і тривалого застосування.

Це визначило необхідність постійного пошуку та розроблення нових ефективних засобів захисту організму військових. Основою їх має стати виробництво спеціальних харчових продуктів, концептуально обґрунтованих та експериментально апробованих. Можливості використання таких продуктів практично не обмежені, оскільки вони створюються на традиційних харчових основах, а збагачуючі функціональні інгредієнти є натуральними біокомплексами сільськогосподарської та лікарської сировини з доведеними фізіологічними ефектами [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Перші наукові праці, що містять рекомендації з харчування в екстремальних умовах, пов'язані з іменами М. Ломоносова, Є. Мухіна, Д. Самойловича та інших. Так, при підготовці досліджень полярних областей і Північного морського шляху М. Ломоносов склав інструкцію з харчовими рекомендаціями для екіпажу корабля.

Наукові інтереси М. Мудрова — засновника вітчизняної терапії та військової гігієни — були значною мірою пов'язані з розробленням питань практичного використання харчування з лікувальною метою. Про це свідчить дисертація Ф. Калаша «Про харчування здорової та хворої людини» (1822), виконана під керівництвом М. Мудрова.

М.І. Пирогова справедливо вважають засновником лікувального харчування. Враховуючи велике значення лікувального харчування, він використовував практику неповноцінного, переважно вуглеводного харчування поранених і хворих, розробив ряд практичних рекомендацій. Ці рекомендації ґрунтуються на принципі індивідуального підходу з урахуванням фази ранового процесу, національних смаків і звичок солдатів, умов виникнення поранень і можливостей госпіталю.

С.П. Боткін першим із клініцистів указав на необхідність повноцінного білкового харчування для важкохворих бійців, розробив рекомендації та протипоказання до використання різних рослинних напоїв, детально вивчив лікувальні властивості молока з поясненням механізму його дії.

І.П. Разенков обґрунтував здатність якісно різних харчових раціонів по-різному змінювати функціональний стан органів і тканин, а також зв'язок діяльності травних залоз із обмінними процесами в організмі.

На основі розробленої під керівництвом М.І. Певзнера нової системи лікувального харчування розпочалася перебудова дієтичного харчування в лікувальних закладах. Ця система виявилась зручною та раціональною. Вона поступово отримала загальне розповсюдження, стала обов'язковою для всіх лікувальних закладів колишнього СРСР, у тому числі військових госпіталів.

В армії для наукового розроблення питань харчування було створено спеціальний науково-дослідний інститут харчування Збройних сил СРСР з клінічним відділом на базі Головного військового госпіталю, який забезпечив у 1929 р. первинну реорганізацію лікувального харчування в госпіталях.



Питання лікувального харчування продовжують інтенсивно розроблятися і в наші дні, чому сприяють спільні зусилля представників як теоретичної, так і клінічної медицини [4].

Проблема вдосконалення харчового раціону військовослужбовців Збройних Сил України (ЗСУ) є сьогодні надзвичайно актуальною, особливо у зв'язку з військовим конфліктом на Сході України. На тлі останніх подій з'ясувалось, що раніше в умовах щорічного скорочення бюджету ЗСУ вчені приділяли недостатньо уваги науковому обґрунтуванню та розробленню харчових продуктів для військовиків, зокрема в екстремальних умовах життєдіяльності.

З другого боку, сьогодні раціон військовиків не лише не відповідає принципам оптимального харчування, а й його нормам, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України (№ 426 від 29.03.2003).

Тому, виходячи зі значущості стану здоров'я військовослужбовців у контексті розвитку та безпеки країни, встановленого безпосереднього зв'язку харчування зі станом здоров'я, зрозумілою є важливість і актуальність виконання теоретичних та практичних досліджень у напрямі розроблення й виробництва нових функціональних продуктів.

**Мета статті:** на основі аналізу літературних даних та результатів власних теоретичних і експериментальних досліджень описати функціональні зміни, які відбуваються в організмі військовослужбовців, окреслити можливість їх корегування засобами нових продуктів, адекватних за компонентним складом екстремальним умовам життєдіяльності, а також формування на їхній основі спеціальних харчових раціонів.

**Викладення основних результатів дослідження.** Рівень здоров'я людини на 50% залежить від соціально-економічних умов і способу життя, найважливішою складовою якого є харчування. Аліментарний чинник входить до числа провідних з точки зору впливу на здоров'я кожної людини, в тому числі військовослужбовців Збройних Сил України, визначаючи такі біологічні характеристики, як будова тіла, особливості обміну речовин, стан імунної системи, захворюваність, а також тривалість активного життя [5]. Недостатня забезпеченість організму нутрієнтами здатна викликати зниження адаптаційних резервів і збільшення захворюваності, пов'язаної зі зниженням природної резистентності організму.

Уся величезна розмаїтість харчових продуктів, що людина вживає в їжу, зводиться до шести основних компонентів: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні елементи, вода. У кожному продукті своє співвідношення харчових компонентів, що, власне, і пояснює розходження у властивостях усіх продуктів.

В умовах хронічного впливу несприятливих чинників навколишнього та виробничого середовища істотна роль належить перебудові білкового обміну організму. Відзначають загальну закономірність синтезу білка в м'язах людини, адаптованої до фізичних навантажень. У цьому випадку інтенсивність білкового синтезу досить висока в стані спокою, знижується при фізичних навантаженнях і різко активізується у відновлювальний період [6].

Тривале напруження обміну протеїнів проявляється на всіх рівнях організації організму: виснажуються функціональні резерви, порушується форму-

вання структурного потенціалу організму, знижуються загальна резистентність та імунітет, активується перекисне окислення ліпідів, потенціюється вітамінний дисбаланс. Зниження частки білка нижче 10% калорійності здатне призвести до формування білкової недостатності [7].

В умовах екстремальних ситуацій при змінах енергетичного обміну, підвищених фізичних навантаженнях, вдиханні забрудненого повітря в несприятливих екологічних умовах відбувається утворення вільних радикалів, що негативно впливають на організм. До ключових ланок захисних систем організму відносять: систему антиоксидантного захисту, ферментну систему детоксикації, стан мембранного апарату клітин.

Жири (ліпіди) також важливий енергетичний і будівельний компонент їжі. Жири забезпечують енергетику м'язів при тривалій і неінтенсивній роботі, будучи субстратом (основою) витривалості організму. Молекули ліпідів входять до складу оболонки клітин усіх тканин людини, а підшкірний жировий шар служить теплоізолятором, підтримуючи постійну температуру тіла [8].

Вуглеводи є основним джерелом енергії для роботи м'язів і всього організму в цілому. Вуглеводи забезпечують харчуванням клітини кори головного мозку, використовуються для синтезу глікогену (резервного вуглеводу, що забезпечує нормальне функціонування печінки та м'язів), амінокислот, жирів, АТФ, глікопротеїдів, деяких коензимів тощо. Вуглеводи сприяють повному окисленню жирів, забезпечуючи їх метаболізм, а також впливають на білковий обмін. Деякі полісахариди виконують специфічні функції в організмі, наприклад, зсідання крові, підтримка постійного рівня цукру в крові, посилення концентрації уваги, пам'яті і жвавості розуму.

Вітаміни беруть участь в обміні речовин, переважно регулюючи окремі біохімічні й фізіологічні процеси. Передусім вони необхідні для забезпечення механізмів ферментативного каталізу, нормального обміну речовин, підтримки гомеостазу, біохімічного забезпечення всіх життєвих функцій організму [9].

Антиоксидантним захистом володіють різні компоненти харчових продуктів (біофлавоноїди, харчові індоли, ізотіоціанати). Дані сполуки, не маючи енергетичного та пластичного значення, контролюють детоксикаційні процеси і захист систем організму від токсичного впливу. Їх низький вміст у раціоні призводить до суттєвого підвищення ризику розвитку хронічних неінфекційних захворювань [10].

Отже, їжа людини — це мультикомпонентний чинник навколишнього середовища, що містить понад 600 речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності організму, кожна з яких посідає певне місце в складному гармонійному механізмі біохімічних процесів. 96% одержаних з їжею органічних і неорганічних сполук мають ті або інші лікувальні властивості. Тому від того, в якій кількості і в яких співвідношеннях містяться ці речовини в раціоні, залежить стан здоров'я людини.

Сучасні умови життєдіяльності військових, особливо в зоні АТО, зі значними фізичними і нервово-психічними навантаженнями, постійними стресовими ситуаціями, фізичними і моральними втратами, висувають до фізичного стану військових надзвичайно високі вимоги, викликають істотну перебудову метаболічних процесів в органах і системах (м'язовій, серцево-

судинні, ендокринній, видільній тощо), що в сукупності ставить організм військовослужбовця на межу функціональних можливостей. Це не лише ослаблює наших солдатів, а й часто веде до розвитку різних захворювань.

Щорічні показники рангової структури загальної захворюваності показали, що захворюваність серед усіх категорій бійців ЗСУ мала статистично достовірну тенденцію до зростання. Найвищі рівні захворюваності реєструвалися серед військовослужбовців строкової служби та офіцерського складу. Серед усіх типів захворювань перші п'ять місць займають відповідно хвороби органів дихання (34,49% та 42,49%), хвороби органів травлення (17,82% та 26,59%), хвороби шкіри та підшкірної клітковини (18,54% та 4,56%), хвороби кістково-м'язової системи (2,57% та 4,21%), інфекційні та паразитарні хвороби (4,72% та 1,17%) [11].

Така ситуація зумовлює підвищені потреби організму військових в енергії і багатьох харчових сполуках. Тому істотне підтримання стану здоров'я та бойового духу солдатів вбачається у забезпеченні їх раціональним, адекватним харчуванням, оскільки на сьогодні накопичено безліч даних щодо безпосереднього зв'язку харчування зі станом здоров'я людини, її стійкістю до шкідливих чинників довкілля та соціального середовища.

Харчування належить до найважливіших чинників довкілля, яке безпосередньо протягом усього життя впливає на організм людини. Біокомпоненти харчових продуктів, перетворюючись у процесах метаболізму на структурні та функціональні елементи клітин живого організму, забезпечують його фізичну та розумову працездатність, адаптаційні можливості, імунний статус, тривалість життя, соціальну та професійну активність.

Живі організми належать до відкритих термодинамічних систем і підпорядковуються їхнім основним законам. Так, енергетичні витрати відповідають першому та другому принципам термодинаміки, але, на відміну від неживої природи, в організмі людини ніколи не настає термодинамічна рівновага, а лише підтримується стаціонарний стан, тобто сталі основні показники [12].

На сьогодні відомо, що гомеостаз, який забезпечується передусім харчуванням, — не просто є станом внутрішнього середовища і функціонального рівня організму, а повністю адекватний впливам екзо- та ендогенних чинників.

Такий взаємозв'язок між станом здоров'я людини і несприятливим впливом довкілля є особливо характерним для військовослужбовців, які значну частину своєї професійної діяльності та виконання громадянського обов'язку проводять в екстремальних умовах.

І оскільки організм людини отримує необхідні йому сполуки саме з харчовими продуктами і саме з ними надходить енергія, кумульована в хімічних зв'язках, то найбільш швидкий, реальний та ефективний шлях корегування порушених метаболічних процесів і відновлення гомеостазу — використання спеціального харчування з повним набором необхідних нутрієнтів, здатних забезпечити фізичну та психологічну витривалість, протидіяти впливові негативних екзо- та ендогенних чинників, запобігти виникненню і розвитку соматичних та нервових захворювань [13].

Одним із способів підвищити харчову та біологічну цінність раціону військовослужбовців є використання дієтичних добавок і харчових продуктів

функціонального призначення, що істотно впливають на здоров'я та працездатність військових за рахунок корегування добового рівня споживання вітамінів, макро- і мікроелементів, харчових волокон і інших фізіологічно функціональних інгредієнтів [14].

Сьогодні оптимізація харчування шляхом розширення виробництва продуктів з оздоровчими властивостями є досить популярною. За останні роки було розроблено велику кількість продуктів функціонального призначення на різних харчових основах, а також ряд дієтичних добавок для корегування харчового раціону. Найбільша кількість інновацій припадає на частку продуктів на зерновій основі [15—17].

Можливість корегування функціонального стану військовослужбовців за допомогою продуктів спеціального призначення підтверджено результатами клінічних досліджень, проведених у серпні 2016 р. у відділенні Вінницького обласного клінічного госпіталю для ветеранів війни. Під спостереженням знаходились 30 учасників бойових дій, які перебували на лікуванні та реабілітації. У ході досліджень було здійснено порівняльну оцінку звичайного харчового раціону учасників АТО і раціону із включенням молокомісного продукту — пасти білково-жирової, розробленої професором Г.Є. Поліщук на кафедрі технології молока та молочних продуктів (ТУ У 15.5–02070938–221:2016). Вивчалась динаміка клініко-біохімічних показників крові пацієнтів, оцінки їхнього емоційного та психоневрологічного статусу до та після 16-денного вживання розробленого продукту. Паста білково-жирова містить основні нутрієнти у рекомендованому для харчування військовослужбовців співвідношенні [18] та збагачена біологічно повноцінними компонентами: поліненасиченими жирними кислотами, пребіотиками, пектином, інуліном, вітамінами, кальцієм, глутатіоном.

Отримані результати свідчать про сприятливий вплив харчового раціону із включенням пасти білково-жирової на показники складу крові військовослужбовців, холестерину, сечової кислоти, глюкози та їхній загальний стан, що характеризується зниженням тривожності, поліпшенням сну, покращенням настрою. Результати показали також добру переносимість розробленого біологічно повноцінного продукту, відсутність будь-яких побічних ефектів у процесі його споживання та засвоєння. Комісія під керівництвом начальника Вінницького обласного клінічного госпіталю для ветеранів війни, кандидата медичних наук, доцента Ю.В. Бабійчука зробила висновок, що включення розробленого продукту до стандартного варіанту раціону учасників АТО дає можливість поповнити організм незамінними нутрієнтами і загалом поліпшити їхній стан. Цей продукт доцільно використовувати в раціонах харчування учасників бойових дій, тих, що несуть бойову службу або перебувають на лікуванні та реабілітації.

### **Висновки**

В умовах життєдіяльності військовослужбовців у зоні АТО знижуються адаптаційні резерви організму, збільшується захворюваність, пов'язана з недостатньою природною резистентністю до несприятливих чинників довкілля. Відомі спроби підвищити стійкість організму до екстремальних чинників

ґрунтуються на використанні медичних препаратів, у тому числі адаптогенів та психостимуляторів.

Основна їхня дія полягає у подоланні нервового контролю над виснаженням, пригніченні сигнального зростання втоми. Психостимулятори значно збільшують фізичну працездатність навіть упродовж тривалого терміну. Однак найбільшим недоліком уживання певних груп медичних препаратів є підвищена небезпека для здоров'я людини, можливість передозування, що не дозволяє використовувати їх у якості засобів широкого і тривалого застосування.

Це визначило необхідність постійного пошуку та розроблення нових ефективних засобів захисту організму військових. Основою їх має стати виробництво спеціальних харчових продуктів, концептуально обґрунтованих та експериментально апробованих. Можливості використання таких продуктів практично необмежені, оскільки вони створюються на традиційних харчових основах, а полі функціональні збагачувачі є натуральними біокомплексами сільськогосподарської та лікарської сировини з доведеними фізіологічними ефектами.

Клінічні випробування таких продуктів підтвердили реальну можливість корегування функціональних змін в організмі людини, викликаних екстремальними умовами, спеціально створеними харчовими продуктами з відповідними нутрієнтами.

### **Література**

1. *Логвиненко С.М.* Опыт организации медицинского обеспечения боевых действий в Республике Афганистан / С.М. Логвиненко // Военная медицина. — 2009. — № 1. — С. 154—157.
2. Військова гігієна при надзвичайних ситуаціях : підручник / за ред. К.О. Пашка. — Тернопіль : Укрмедкнига, 2005. — 312 с.
3. *Депутат Ю.М.* Гігієнічне обґрунтування корекції загальновійськового добового раціону харчування військовослужбовців строкової служби Збройних Сил України : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата мед. наук : спеціальність 14.02.01 / Депутат Юрій Миколайович. — Київ, 2010. — 19 с.
4. Медичний контроль за організацією харчування військовослужбовців Збройних Сил України : метод. рек. / М-во оборони України НДІ проблем військ. медицини ЗС України; В.А. Баркевич, В.І. Варус, Ю.М. Депутат та ін. — Харків, 2007. — 64 с.
5. *Гаджиибрагимов Д.А.* К вопросу о совершенствовании путей сохранения здоровья военнослужащих в условиях перехода на контрактную службу / Д.А. Гаджиибрагимов, Р.С. Рахманов // Социально-гигиенический мониторинг : матер. 12-й республ. науч.-практ. конф. — Рязань, 2008. — Вып.12. — С. 162—164.
6. *Стародубцев С.О.* Математичні моделі оптимізації раціонів харчування військовослужбовців / С.О. Стародубцев, Ю.І. Кушнерук, В.І. Тробюк // Системи озброєння і військова техніка. — 2008. — № 2(14). — С. 111—114.
7. *Гонський Я.І.* Біохімія людини : підручник / Я.І. Гонський, Т.П. Максимчук, М.І. Калінський. — Тернопіль : Укрмедкнига, 2002. — 744 с.
8. *Субботина М.А.* Физиологические аспекты использования жиров в питании / М.А. Субботина // Техника и технология пищевых производств. — 2009. — № 4. — С. 8—13.
9. *Maret G. Trabet* Vitamin C and E in the prevention of oxidative stress / G. Maret, A. Mastaloudis // Nutrient composition of rations for short-term, high-intensity combat operations, National Academies, Washington. — 2005. — # 9. — P. 243—255.
10. *Бурлакова Е.Б.* Биантиоксиданты : вчера, сегодня, завтра // Биологическая кинетика : Сб. обзорных статей. — Москва, 2005. — Т. 2. — С. 10—45.

11. *Онищенко А.Н.* Влияние физической подготовленности военнослужащих на процесс их адаптации к условиям военно-профессиональной подготовки / А.Н. Онищенко, З.Ц. Алборов, В.М. Князев // Мат. Всерос. науч.-практ. конф. — Санкт-Петербург, 2004. — С. 142—143.
12. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский / АН СССР ; сост. : М.С. Бастракова, Н.В. Филиппова, Н.Ф. Овчинников, Ф.Т. Яншина. — Москва : Наука, 1988. — 520 с.
13. *Рахманов Р.С.* Естественная резистентность организма — основа здоровьесберегающих технологий / Р.С. Рахманов [и др.].— Нижний Новгород : Изд-во ГОУ ВПО «НижГМА», 2005. — 156 с.
14. *Сімахіна Г.О.* Взаємозв'язок структури харчування і здоров'я — концептуальна основа розроблення продуктів для військовослужбовців / Г.О. Сімахіна, А.І. Українець // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Т. 22, № 1. — С. 192—199.
15. *Чаплинский В.В.* Разработка технологии производства сухих готовых завтраков с фитодобавками / В.В. Чаплинский, И.В. Захаров, А.А. Лукин // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2014. — № 1. — С. 76—82.
16. *Тележенко Л.М.* Композиції каш функціонального призначення : технологічні аспекти / Л.М. Тележенко, Н.А. Дзюба, М.А. Кашкано // Харчова наука і технологія. — 2015. — № 9(4). — С. 68—73.
17. Патент на корисну модель, № 97192 Україна, МПК А23L 1 /31 (2006.01). Паштет м'ясний дієтичний / Топчій О.А., Радзівська І. Є., Морозюк Р.А., Пашенко О.В. — u201406560; заявл. 11.06.2014; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5, 2015 р.
18. *Українець А.І.* Наукові аспекти розроблення харчових раціонів для військовослужбовців / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Т. 21, № 3. — С. 205—211.

## SEARCH FOR THE DETECTION MARKERS OF DRINKING MILK FALSIFIERS USING COMBINED ANALYTICAL AND CHEMOMETRIC METHODS

N. Sukhodolsha, V. Ischenko, O. Kochubei-Lytvynenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

Milk  
Ultrasonic analysis  
Principal component analysis  
Validation  
Detection markers

**Article history:**

Received 14.09.2017  
Received in revised form 03.10.2017  
Accepted 30.10.2017

**Corresponding author:**

N. Sukhodolsha  
**E-mail:**  
suxodolska@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The possibility of sharing the ultrasonic and chemometric methods for milk analysis followed by their subsequent use for the classification of dairy products was considered. The use of the main components method for processing the array of obtained data allowed carrying out a partial clustering of milk samples. The methodology for determining milk quality using an ultrasonic milk analyzer 'Ecomilk-Bond' was validated. The necessity for determining the markers for milk powder has been substantiated, since the other types of milk can be falsified by it. The concentration of calcium ions and the ratio of tryptophan concentrations as well as the products of Maillard reaction in milk samples after different modes of heat treatment can be considered the markers for milk powder.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-15

---

## ПОШУКИ МАРКЕРІВ ДЕТЕКТУВАННЯ ФАЛЬСИФІКАТІВ ПИТНИХ ВИДІВ МОЛОКА ПОЄДНАННЯМ АНАЛІТИЧНИХ І ХЕМОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ

Н.П. Суходольська, В.М. Іщенко, О.В. Кочубей-Литвиненко

Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано оцінку можливості поєднання ультразвукового методу аналізу молока з хемометричними методами з подальшим їх застосуванням для класифікації молочних продуктів. Застосування методу головних компонент для обробки масиву одержаних даних дало змогу провести часткову кластеризацію зразків молока. Проведено валідацію методики визначення показників якості молока з використанням ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд». З'ясовано, що необхідні пошуки маркерів на сухе молоко, тому що існує можливість фальсифікації ним інших видів молока. Висунуто припущення, що цими маркерами можуть бути концентрація іонів  $Ca^{2+}$  в молоці різної термічної обробки та співвідношення концентрації триптофану до концентрації продуктів реакції Майяра.

**Ключові слова:** молоко, ультразвуковий аналіз, метод головних компонент, валідація, маркери детектування.

**Постановка проблеми.** Доброякісне молоко повинно бути без сторонніх запахів і присмаків, білого кольору, з жовтуватим відтінком, приємного солодкуватого смаку. Український молочний ринок представляє широкий асортимент продукції, що не завжди відповідає високій якості і безпечності. Останнім часом на ринку молока почастишали випадки виявлення неякісного фальсифікованого молока, що негативно відбивається на здоров'ї населення. Прогірклий, кислуватий, мильний та інші присмаки й сторонні запахи молока зумовлені змінами у вмісті і стані складових частин продукту.

Серед різних способів фальсифікації молока наразі стає особливо поширеним його підміна відновленим аналогом, тобто молочним напоєм. Виробники в один голос заявляють, що сухе або приготоване з нього відновлене молоко за своїми якостями нічим не відрізняється від звичайного. Але при термічній обробці молоко не тільки міняє смакові властивості — в ньому руйнуються вітаміни, ензими, знищується корисна мікрофлора.

Відомо, що при пастеризації молока денатурований  $\beta$ -лактоглобулін разом із  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  випадає в осад у складі молочного каменю й утворює комплекси з  $\kappa$ -казеїном казеїнових міцел (осаджуючись разом з ними при коагуляції казеїну), тому концентрація йонів  $\text{Ca}^{2+}$  в термічно обробленому молоці значно менша.

Переробка молока та молочних продуктів має прямий вплив на поживну цінність молока, особливо на вміст триптофану, що легко руйнується окисненням, реакцією Майяра або залізом [1; 2].

Наразі сучасними методами аналізу молочних продуктів стали кріоскопічний, хроматографічні та різні спектральні методи. Більш повну оцінку якісного і кількісного складу молока проводять за допомогою додаткових досліджень з використанням флуоресценції, ELISA (імуноферментного аналізу), одно- та двовимірного поліакриламідного електрофорезу, капілярного електрофорезу [3] тощо.

Переважає більшість цих методів передбачає використання сучасного аналітичного обладнання, підготовлених спеціалістів і є досить дорогими. Особливість цих методів полягає в тому, що досить часто доводиться мати справу з обробкою масиву великої кількості даних, одержаних у результаті аналізу. При обробці таких даних неминучим стає застосування саме хемометричних методів. Хемометричні методи у поєднанні з фізико-хімічними методами аналізу знайшли застосування для виявлення підрбок харчової продукції і, зокрема, молочної [4].

**Метою дослідження** є оцінка можливості поєднання фізико-хімічних методів аналізу молока з хемометричними методами для подальшої ідентифікації різних зразків молока, зокрема виявлення молочного продукту, виготовленого із сухих сумішей.

**Матеріали і методи.** Досліджувався масив більше 30 зразків питних видів молока, а саме: перша група зразків — натуральне незбиране (НН) молоко (цільне молоко з незміненою жирністю); друга група зразків — натуральне



молоко, розбавлене водою 5, 10, 15 і 20% мас. води (НН + Вод); третя група — питні види пастеризованого молока (П) 2,5 і 2,6% жирності вітчизняного виробництва відомих торгових марок та придбані в супермаркетах м. Києва; четверта група зразків — це відновлений молочний напій жирністю 2,6%, що піддавали гомогенізації на диспергаторі BANDELIN SONOPULS HD2070 ( $N = 30$ —40%,  $t = 30$  с), після чого пастеризували за температури  $(88 \pm 2)$  °С без витримки і охолоджували до  $(6 \pm 2)$  °С (В + П); п'ята група зразків — відновлене молоко, виготовлене за наведеною вище методикою, яке не піддавали пастеризації (В).

Такі показники якісного складу молока, як вміст жиру, білка, сухого знежиреного молочного залишку (далі — СЗМЗ), лактози, густини, температури замерзання і води визначали на ультразвуковому аналізаторі молока «Екомілк-Бонд» (Болгарія), який широко використовується на молокозаводах України та в пунктах прийому молока.

Було визначено окисно-відновний потенціал за допомогою комірки з платинового електрода та хлор-срібного електрода порівняння, з'єднаних сольовим містком.

Валідацію методики визначення показників якості молока із використанням ультразвукового аналізатора молока «Екомілк-Бонд» здійснювали згідно з рекомендаціями [5]. Перевіряли такі робочі характеристики, як прецизійність в умовах збіжності та внутрішньо лабораторної відтворюваності. Протокол валідації включав проведення повторних вимірювань (умови збіжності) у три непослідовні дні (умови внутрішньо лабораторної відтворюваності) на шести зразках молока.

Протокол валідації методики визначення окисно-відновного потенціалу молока включав проведення паралельних вимірювань потенціалу на шести зразках молока також у три різні дні.

Вміст йонів  $\text{Ca}^{2+}$  вимірювали за допомогою йонселективного електрода та електрода порівняння на йонометрі універсальному И-160 М.

Співвідношення концентрації триптофану і концентрації продуктів реакції Майяра досліджували на флуорометрі Perkin Elmer LS55.

**Результати і обговорення.** Обробку результатів валідації здійснювали згідно з рекомендаціями, наведеними у [6] методом дисперсійного аналізу. Очевидно, що прецизійність визначення показників якості молока із застосуванням аналізатора «Екомілк-Бонд», виражена як відповідне стандартне відхилення, є достатньою для вирішення поставлених завдань.

У той же час прецизійність визначення окисно-відновного потенціалу є недостатньою. Розкид значень між пробами є того ж порядку, що і при паралельних вимірюваннях, що обмежує практичну цінність виміряних значень окисно-відновного потенціалу.

Для інтерпретації одержаного масиву даних нами було використано метод головних компонент (МГК). Метод головних компонент — один із способів зменшити розмірність даних, втративши найменшу кількість інформації. Математично даний метод перетворює початкові змінні в меншу кількість нових, які є лінійною комбінацією початкових змінних. Нові змінні називають головними компонентами. Графічне представлення зразків у координатах

головних компонент може бути використано для визначення кластерів і груп серед зразків.

Встановлено, що перші три головні компоненти описують 93,7% відмінностей між зразками. На рис. 1а наведено графік рахунків (координат зразків у просторі головних компонент) для першої та другої, а на рис. 1б — для другої та третьої головних компонент, де видно, що зразки утворюють окремі групи. На рис. 1а чітко виділяється група, що включає натуральне незбиране молоко без додавання та з додаванням води, а також група, куди потрапили зразки молока, що пройшли термообробку (П, ВП). На рис. 1б наведено графік рахунків першої та третьої головних компонент, на якому також прослідковується декілька груп — група зразків натурального незбираного молока (НН, НН + В), група зразків відновленого (В, В + П) та група зразків пастеризованого молока (П). На жаль, досягнути повної кластеризації між зразками відновленого молока (В), відновленого молока з термообробкою (В + П) та пастеризованого молока (П) не вдалось, оскільки деякі зразки потрапляють в інші групи. Ймовірною причиною цього є вибірка зразків, отриманих із сировини іншої пори року.

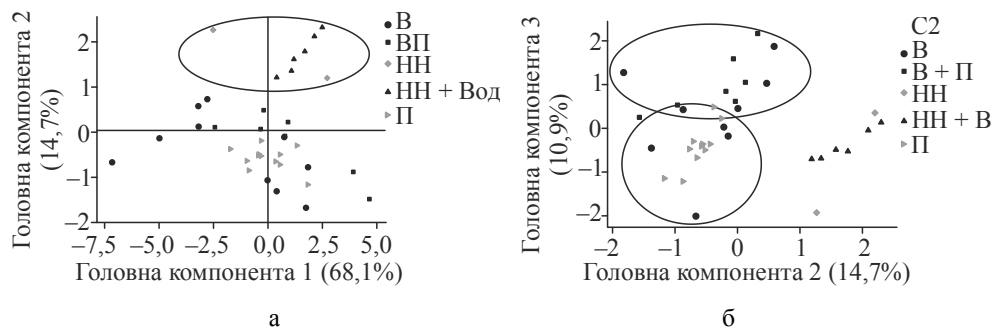


Рис. 1. Графіки рахунків першої та другої (а) і другої та третьої (б) головних компонент

Вміст йонів  $Ca^{2+}$  між термічно обробленим і натуральним молоком відрізняється майже на порядок порівняно з сухим. Результати представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Концентрація йонів  $Ca^{2+}$  різних видів питного та сухого молока

Молоко різної термічної обробки	Середня концентрація $Ca^{2+}$ , моль/л
Натуральне незбиране молоко	0,0022
Пастеризоване молоко	0,0023
Відновлене молоко	0,0009

Отже, вміст йонів  $Ca^{2+}$  може бути маркером на сухе молоко.

За допомогою флуоресцентної спектроскопії було виявлено також зменшення концентрації триптофану та збільшення продуктів реакції Майяра відповідно до посилення термообробки молока.

### Висновки

Отже, у результаті проведеного дослідження оцінено можливості поєднання ультразвукового методу аналізу молока з хемометричними методами з

подальшим їх застосуванням для класифікації молочних продуктів. Застосування методу головних компонент дало змогу провести кластеризацію зразків молока, проте вона виявилась неповною. Проведено валідацію методик визначення фізико-хімічних показників молока. Встановлено, що не всі методики можуть використовуватись для поставлених цілей. Знайдено можливі маркери на виявлення відновленого молока в пастеризованому. Для доведення даного припущення буде проведено дослідження з використанням інших аналітичних методів.

### **Література**

1. *Leclere J., Birlouez-Aragyn I., and Meli M.* Fortification of milk with iron-ascorbate promotes lysine glycation and tryptophan oxidation. *Food Chem.* 76: 491—499, 2002.
2. *Puscasu C. and Birlouez-Aragon I.* Intermediary and/or advanced Maillard products exhibit prooxidant activity on Trp: In vitro study on alpha-lactalbumin. *Food Chem.* 78: 399—406, 2010.
3. *Garcia-Canas V. and Cifuentes A.* Recent advances in the application of capillary electromigration methods for food analysis, *Electrophoresis*, 29, 294, 2008.
4. *Kamal M., Karoui R.* Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review // *Trends in Food Science & Technology*. — 2015. — Vol. 46. — P. 27—48.
5. *B. Magnusson and U. Örnemark (eds.)* Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods — A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0. Available from [[http:// www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)].
6. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-3:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 3. Проміжні показники прецизійності стандартного методу вимірювання. — Київ : Держспоживстандарт, 2005.

## STUDYING THE POSSIBILITY OF USING THE EXTRUDED CORN MEAL IN THE TECHNOLOGY OF RECREATIONAL PRODUCTS

T. Lisovska, A. Derkach, I. Stadnik

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

---

**Key words:**

*Extruded corn flour  
Fiber  
Wheat flour  
Semi-finished biscuit  
product*

**Article history:**

Received 13.09.2017  
Received in revised form  
29.09.2017  
Accepted 24.10.2017

**Corresponding author:**

T. Lisovska  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The comparative analysis of the chemical composition of wheat and extruded corn flour showed that the content of starch in extruded corn flour is more than 3%, and protein content is less than 5% compared to wheat flour. Extruded corn flour contains 4.3% more ash than wheat and the amount of fibre in extruded corn flour is 1% and that is 10 times more than in wheat. The study of microbiological parameters of extruded corn led to the conclusion that processing grain raw materials by hot extrusion ( $t = 135\text{—}155^\circ\text{C}$ ,  $P = 6\text{—}7\text{ atm}$ , duration 45—60 seconds) allows obtaining virtually sterile flour. No bacteria of Salmonella genus were detected in extruded corn flour. Studying the effect of extruded corn flour on the starch properties of flour mixes proved the reduction of viscosity. This fact suggests the expediency of using extruded corn flour mixes in the technology of semi-finished biscuit products. Moreover, the dietary properties of flour mixtures are partly conditioned by dextrinized starch that is supposed to increase the nutritional value of the ready semi-finished biscuits and bagel products.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-16

---

## ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРУДОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Т.О. Лісовська, А.В. Деркач, І.Я. Стадник

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*У статті проведено порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного та екструдованого кукурудзяного борошна, який показав, що вміст крохмалю в екструдованому кукурудзяному борошні більший на 3%, вміст білка менший на 5% порівняно з пшеничним борошном. Екструдоване кукурудзяне борошно містить золи на 4,3% більше, ніж пшеничне, а кількість клітковини в екструдованому кукурудзяного борошна становить 1%, що у 10 разів більше,*

ніж у пшеничному. Зниження в'язкості підтверджує доцільність застосування борошняних сумішей з використанням екструдованого кукурудзяного борошна в технології бісквітного напівфабрикату. Також доведено, що дієтичні властивості борошняних сумішей, зумовлені частково декстринізованим крохмалем, сприятимуть підвищенню харчової цінності готового бісквітного напівфабрикату та бубличних виробів.

**Ключові слова:** екструдоване кукурудзяне борошно, клітковина, пшеничне борошно, бісквітний напівфабрикат.

**Постановка проблеми.** Сьогодні з кожним роком зростає популярність здорового харчування. Це потребує створення виробів, у рецептурі яких наявні інгредієнти з оздоровчими властивостями. В склад тканин людського організму входять мінеральні сполуки, що становлять близько 3,5% його маси, тому при споживанні харчових продуктів вони повинні містити в необхідній кількості солі фосфору, кальцію, заліза тощо. Добова потреба організму людини в мікроелементах вимірюється в міліграмах (цинк — 10...15, марганець — 5...10, мідь — 2, молібден — 0,5). Їх фізіологічна цінність досить значна, тому що ці мікроелементи відіграють роль коферментів ферментних систем.

Враховуючи напрями технологічного процесу в харчовій промисловості, що визначаються, зокрема, державною політикою в галузі здорового харчування, економічними та соціальними змінами у суспільстві, новими технологічними можливостями, конкуренцією на продовольчому ринку, виникає потреба не лише в удосконаленні технології традиційної харчової продукції, але й створенні продуктів нового покоління, що відповідають сучасним вимогам, збагачені важливими нутрієнтами та із подовженим терміном зберігання. Напівфабрикати борошняних кондитерських виробів є основою чи складовою частиною продукції, а значний попит населення на ці вироби дає змогу вважати їх важливими продуктами харчування [1].

Сьогодні, зокрема, асортимент безглютенних продуктів харчування вітчизняного виробництва є недостатнім [2; 3]. З метою вирішення питання харчування хворих на целиацію в Україні сертифіковані продукти фірми «DR.SCHAR» Італія, «BEZGLUTEN», Польща, «3PAULY», Німеччина, але застосування їх обмежується високою ціною. Одним із перспективних напрямів розширення асортименту борошняних кондитерських виробів є створення бісквітного напівфабрикату, бубликів з повною заміною пшеничного борошна вищого гатунку, що містить глютен та екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ).

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Борошно кукурудзяне має цінні активні речовини. В його хімічному складі наявні важливі для організму поліненасичені жирні кислоти, токоферол,  $\beta$ -каротин, фолієва кислота, вітаміни групи В, РР, кальцій, магній, залізо та група мікроелементів – кремній, мідь, нікель. Ці важливі складові дають рекомендацію для споживання людям, що мають захворювання крові, алергію, цукровий діабет та інші форми порушення обміну речовин. Відомо [4], що наявність кремнію в кукурудзі сприяє підвищенню еластичності кровоносних судин і зміцненню зубів.

Наявність у складі кукурудзяного борошна глютамінової кислоти і фітину дає змогу споживати ці продукти при захворюванні центральної нервової системи, депресії та інших нервових захворюваннях. Використання даного борошна в рецептурі борошняних кулінарних і кондитерських напівфабрикатів зумовлюватиме надання виробам оздоровчих властивостей.

Основною причиною, що затримує широке використання продуктів переробки кукурудзи в хлібопекарському і кондитерському виробництві є відчутна відмінність властивостей борошна. Так, білки кукурудзи, представлені проламінами і глютелінами (зеїн), складають 60% від усіх білків. Ці білки слабо набухають і не утворюють клейковини, решта (близько 40%) — водорозчинні білки. Крохмаль кукурудзяного борошна клейстеризується за вищої температури, легше атакується амілазами, містить менше власних цукрів, меншу цукроутворювальну і газоутворювальну здатність [4]. Науковці розробили технологію використання суміші пшеничного та кукурудзяного борошна при додержанні перед замішуванням додаткової обробки кукурудзяного борошна [5]. Суть полягає у замочуванні, заварюванні, заквашуванні мезофільними або термофільними молочнокислими бактеріями, додаванням у тісто неферментованого солоду, фосфатів, концентратів або ліполітичних ферментів. Проте завдяки цьому подовжується тривалість технологічного процесу і не забезпечується тривалий ефект покращення якості продукції при значних витратах [6]. Останнім часом науковці почали розробляти заходи з використання молочної сироватки [4].

Наявність фундаментальних розробок в галузі одержання і використання різних типів екструдованого борошна у виробництві продуктів харчування вказує на можливість застосування його в технології бісквітного напівфабрикату та виробництві бубликів [7—9]. Використання інгредієнтів рослинного походження, зокрема нетрадиційних видів борошна, які могли б надати виробу цінні харчові властивості, може вважатися перспективною розробкою, що цікавитиме виробників кондитерських і хлібобулочних виробів. Адже, зважаючи на цінний хімічний склад ЕКБ, можна прогнозувати позитивний вплив цієї сировини на перебіг технологічного процесу. Тому наш задум розробки полягає у встановленні характерних відмінностей, взаємовідносин пшеничного й екструдованого кукурудзяного борошна (ЕКБ) в технології кондитерських і хлібобулочних виробів.

**Мета дослідження** полягає в порівняльному аналізі властивостей борошна й обґрунтуванні ефективності використання екструдованого кукурудзяного борошна (ЕКБ) в технології бісквітного напівфабрикату та бубличних виробів.

**Викладення основних результатів дослідження.** *Порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного та екструдованого кукурудзяного борошна.* Борошно — це одне з основних видів сировини в борошняних кондитерських виробках, тому вивчення його харчової і біологічної цінності суттєво впливає на якість готових виробів у цілому. Порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного й екструдованого кукурудзяного борошна наведено в табл. 1.

**Таблиця 1. Хімічний склад екструдованого кукурудзяного та пшеничного борошна вищого гатунку, %**

Продукт	Вміст вологи	Вміст білків	Вміст жирів	Вміст крохмалю	Вміст золи	Вміст кліткови- вини
Екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ)	9,0±0,01	6,1±0,02	8,1±0,02	70,9±0,03	4,8±0,03	1±0,02
Пшеничне борошно вищого гатунку *(ПБ)	14,5±0,03	11,4±0,05	1,08 ±0,04	67,7±0,05	0,5±0,03	0,1±0,01

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що за вмістом сухих речовин досліджуване борошно значно відрізняється від борошна пшеничного вищого гатунку. Значна частина сухих речовин — це вуглеводи, що характерно для будь-якої зернової сировини. Зокрема, вміст крохмалю в ЕКБ більший на 3%, вміст білка менший на 5% порівняно з пшеничним борошном. Характерною особливістю ЕКБ є підвищений порівняно з пшеничним борошном вміст золи та клітковини. Так, ЕКБ містить золи на 4,3% більше ніж пшеничне, а кількість клітковини у ЕКБ становить 1%, що у 10 разів більше, ніж у пшеничному.

Незважаючи на наявність в ЕКБ клейковинних фракцій білка — проламінової та глютенінової, вони не утворюють клейковину подібно до білків пшениці, а володіють своїми фізичними, хімічними властивостями і біологічною цінністю. Цей факт спонукав не лише дослідити амінокислотний склад білків ЕКБ, але й розглянути можливість створення бісквітного напівфабрикату безглютенового оздоровчого призначення.

Збалансованість амінокислотного складу, його первинна структура, зокрема вміст і кількісне співвідношення незамінних амінокислот, є одним із найважливіших показників харчової цінності борошна. Розглядаючи вміст амінокислот у борошні та порівняння з фізіологічними нормами харчування, слід зазначити, що у більшості білків хлібних злаків співвідношення амінокислот відрізняється від оптимального. Найчастіше існує дефіцит лізину, метіоніну й триптофану [10]. Завдяки екструзійній обробці в ЕКБ збільшується доступність амінокислот для засвоєння. Це відбувається внаслідок руйнування в молекулах білка вторинних зв'язків. Завдяки відносно невисокій температурі екструзії та короткочасній тепловій обробці амінокислоти при цьому не руйнуються [11].

Порівняння амінокислотного складу пшеничного борошна вищого гатунку та ЕКБ показує, що останнє переважає за вмістом таких амінокислот: лейцину, аланіну, аспарагінової кислоти, тирозину на 3,5±0,3%; 5,1±0,2%; 4,6±0,4%; 2,0±0,5% відповідно. Порівняльний аналіз амінокислотного складу досліджуваних зразків борошна показує, що ЕКБ перевищує пшеничне борошно за вмістом метіоніну на 9%, а вміст фенілаланіну разом з тирозином та ізолейцину з лейцином близький до стандарту. Харчова цінність продукту вища, оскільки його хімічний склад більше відповідає формулі збалансованого харчування. Порівняльний аналіз отриманих результатів харчової цінності

ЕКБ і відповідності її формулі збалансованого харчування дають змогу зробити висновок, що ступінь задоволення формули збалансованого харчування за рядом показників вищий у дослідного зразка ЕКБ порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку.

Об'єктом дослідження мікробіологічних показників було ЕКБ. Проби для досліджень відбирали із партії свіжого ЕКБ та через шість місяців зберігання. Як показують дослідження, одним із шляхів покращення мікробіологічних показників кукурудзяного борошна може бути екструзійна обробка, яка, крім фізико-хімічних змін, призводить до загибелі практично всіх мікроорганізмів, що містяться в сировині. Оброблена таким чином сировина може бути використана в технології кондитерських і хлібобулочних виробів.

*Таблиця 2. Мікробіологічні показники екструдованого кукурудзяного борошна*

Найменування продукту	Кількість клітин в одному грамі продукту				
	МАФAM	Споруотворюючі бактерії	Дріжджі	Міксоміцети	БГКП
Екструдоване кукурудзяне борошно свіже	25	10	20	30	0
Екструдоване кукурудзяне борошно через шість місяців зберігання	180	10	40	120	0

Бактеріальні дослідження всіх груп мікроорганізмів показали, що екструзійні продукти зберігають свою стерильність протягом 180 діб [12]. Результати дослідження мікробіологічних показників ЕКБ наведено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, екструзійна обробка зернової сировини методом гарячої екструзії ( $t = 135\text{—}155^\circ\text{C}$ ,  $P = 6\text{—}7$  атм., тривалість — 45—60 сек) сприяє отриманню практично стерильного борошна. В ЕКБ не виявлено бактерії роду *Salmonella*, що утворюють характерні колонії на густих диференціальних середовищах і мають біохімічні та серологічні характеристики, встановлені відповідно до СТ СЭВ 5209-85.

*Вивчення впливу ЕКБ на властивості крохмалю борошняних сумішей.* Поряд із білковими речовинами крохмаль борошна відіграє істотну роль у формуванні тіста. Чим більша кількість крохмалю (за однакових умов), тим вищі переваги борошна. Крохмальні зерна суттєво відрізняються за розмірами, формою, та властивостями. Вони відрізняються за вологоємністю, швидкістю оцукрювання, температурою клейстеризації. Так, з вологоємністю крохмалю пов'язують швидкість черствіння хлібобулочних виробів. Газоутворююча здатність борошна також залежить від швидкості накопичення цукрів, що утворюються в результаті гідролізу крохмалю. Від ступеня пошкодження крохмальних зерен, обумовленою в тому числі і способом помолу, залежить дія на них амілолітичних ферментів.

Процес клейстеризації і активність амілолітичних ферментів крохмалю досліджували за допомогою амілографа. Це прилад графічно відображає зміни в'язкості водно-борошняної суспензії при постійному підвищенні температури і, відповідно, характеризує зміни крохмалю в результаті його клейстеризації під дією амілаз, що знаходяться в борошні. Існує можливість,



що з одного боку, на характер амілограм впливають не лише властивості крохмалю та амілолітичних ферментів, але й властивості білково-протеїназного комплексу та інших складових борошна. Проте ряд досліджень свідчить, що вплив цих факторів на характер амілограм незначний порівняно з роллю і значенням стану крохмалю й амілолітичних ферментів.

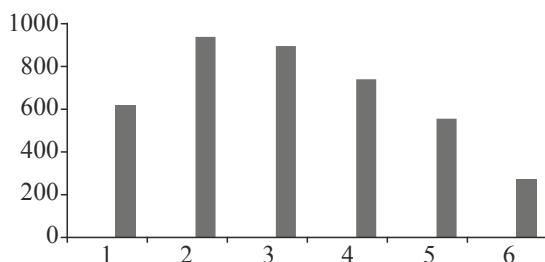
З іншого боку, важко визначити характер процесу клейстеризації крохмалю в складі борошна. Адже поведінка чистого крохмалю, ізольованого від борошняного середовища, може суттєво відрізнятись від його поведінки безпосередньо в борошні і тісті. З урахуванням цього об'єктами дослідження стали борошно пшеничне вищого гатунку як контроль, ЕКБ та їх суміші у різних співвідношеннях. Амілограми процесу набухання та клейстеризації наведені на рис. 2, а їх числові показники — в табл. 3.

Зміна температури клейстеризації є важливим показником, що характеризує процес ретроградації крохмалю при зберіганні готових виробів, адже відомо, що чим нижча температура клейстеризації, тим довше вироби зберігають свою свіжість у процесі зберігання [13]. Температура початку клейстеризації, як видно з табл. 3, складає: для пшеничного борошна 58° С, а для ЕКБ 100% — 50° С. Таким чином, можна зробити висновок, що використання сумішей пшеничного борошна та ЕКБ у виробництві бісквітних напівфабрикатів дасть змогу збільшити строки зберігання останніх, тому що температура клейстеризації крохмальної суспензії сумішей нижча, ніж у контрольного зразка.

**Таблиця 3. Вплив дозування екструдованого кукурудзяного борошна на властивості борошняних сумішей**

Показники	Контроль	Дозування ПБ:ЕКБ				
		95:5	90:10	85:15	80:20	0:100
Максимальна в'язкість, од.пр.	640±10	920±10	895±10	740±10	550±10	270±10
Температура клейстеризації, °С	58±2	56±2	55±2	53±2	53±2	50±2
Хлібопекарська якість	чудова	дуже добра	дуже добра	добра	погана	погана

В'язкість є важливим технологічним показником для бісквітного тіста як пінної структури. Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ у борошняних сумішах наведено на рис. 1.



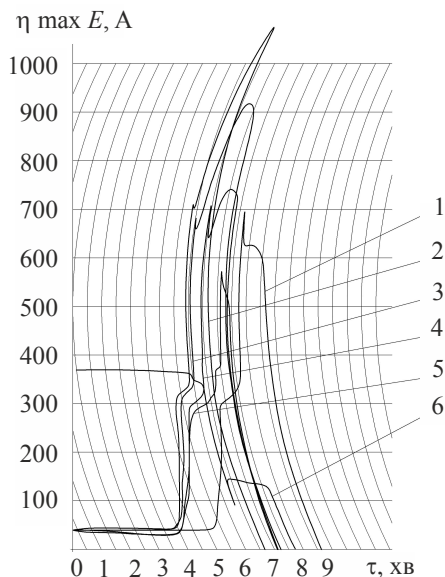
**Рис. 1. Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ у борошняних сумішах (пшеничне борошно вищого гатунку та ЕКБ) у співвідношеннях:**

1 — ПБ:ЕКБ — 100:0; 2 — ПБ:ЕКБ — 95:5; 3 — ПБ:ЕКБ — 90:10; 4 — ПБ:ЕКБ — 85:15; 5 — ПБ:ЕКБ — 80:20; 6 — ПБ:ЕКБ — 0:100

Висока структурна в'язкість визначає механічну стійкість тіста, тобто створення пружного каркасу, що надає системі певні фізико-хімічні властивості твердого тіла.

Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ (рис. 1) дає змогу охарактеризувати властивості бісквітного напівфабрикату з використанням ЕКБ при випіканні. Пориста структура бісквітного напівфабрикату закріплюється в результаті коагуляції клейковинних білків і перетворення крохмалю в густу драглисту масу. При додаванні 5 і 10% ЕКБ амілограма показує високу максимальну в'язкість, що свідчить про зв'язування крохмалем під час клейстеризації великої кількості води. В результаті утворюється малорозтяжна драглиста крохмальна маса та сухий бісквіт, здатний до розтріскування.

При додаванні 100% ЕКБ амілограма (рис. 2) показує нижчу максимальну в'язкість, що свідчить про те, що крохмаль під час набухання та клейстеризації зв'язує невелику кількість води, що знаходиться вільно в тісті та звільняється при коагуляції білкових речовин і сприяє утворенню більш вологого м'якуша бісквітного напівфабрикату.



**Рис. 2.** Амілограми борошняних сумішей із пшеничне борошна (ПБ) та екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ) у співвідношеннях: 1 — ПБ:ЕКБ — 100:0%; 2 — ПБ:ЕКБ — 95:5; 3 — ПБ:ЕКБ — 90:10; 4 — ПБ:ЕКБ — 85:15; 5 — ПБ:ЕКБ — 80:20; 6 — ЕКБ — 100%

Оскільки ЕКБ виготовлено методом гарячої екструзії, то пониження в'язкості борошняної суспензії пояснюється перетворенням частини крохмалю в декстрини, що володіють нижчою в'язкістю. Зниження в'язкості системи із збільшенням кількості ЕКБ також очевидно пов'язано із зменшенням частки клейковинних білків у борошняних сумішах і фракційним складом білків.

Відносно низька в'язкість підтверджує доцільність застосування борошняних сумішей з використанням ЕКБ в технології бісквітного напівфабрикату, а

також про дістичні властивості даних сумішей, зумовлені частково декстринізованим крохмалем, що сприятиме підвищенню харчової цінності готового бісквітного напівфабрикату.

### Висновки

Отже, використання отриманих результатів дасть змогу регулювати технологічні властивості борошняних сумішей залежно від концентрації в них ЕКБ і рекомендувати їх у виробництві борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення.

### Література

1. Асоціація «Укркондпром» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://ukrkonfprod.com.ua>.
2. Барсукова Н.В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // Хранение и переработка зерна. — Днепропетровск : ООО ИА «АПК-ЗЕРНО», 2011. — № 4. — С. 43—46.
3. Цыганова Т.Б. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т.Б. Цыганова, Д.В. Шнейдер, Е.В. Костылева // Хлебопродукты. — 2011. — № 12. — С. 44—46.
4. Дробот В.І. Молочна сироватка покращує якість хліба з суміші пшеничного і кукурудзяного борошна / В.І. Дробот, О.П. Писарець // Хранение и переработка зерна. — 2014. — № 10(187). — С. 46—48.
5. Sabanis D. Effect of Rice, Corn and Soy Flour Addition on Characteristics of Bread Produced from Different Wheat Cultivars / Dimitrios Sabanis, Constantina Tzia // Food and Bioprocess Technology. — 2009. — Vol. 2, Issue 1. — P. 68—79.
6. Стадник І.Я. Моделювання руху змішуваних компонентів у камері безлопатевої тістомісильної машини / І.Я. Стадник, М.М. Луців // Хранение и переработка зерна. — 2011. — № 2. — С. 58—60.
7. Ковбаса В.М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01. — Київ, 1998. — 338 с.
8. Torbica A., Hadnađev M., Dapčević T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour // Food Hydrocolloids. — Vol. 24, Iss. 6—7. — P. 626—632.
9. Koruz J., Witezak M., Ziobro R., Juszcak L. The influence of flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread // European Food Research and Technology. — 2015. — Vol. 240. — P. 1135—1143.
10. Козьмина Н.В. Биохимия хлебопечения. — Москва : Пищевая промышленность, 1978. — 280 с.
11. Остриков А.Н. Технология экструзионных продуктов : учеб. пособие / А. Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова [и др.]. — Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2007. — 202 с.
12. ДСТУ 3946-2000. Продукція харчова. Основні положення Держспоживстандарт України. — Київ, 2000. — 6 с.
13. Дослідження можливості використання екструдату шроту амаранту в сиркових виробках : IX Міжнародна науково-технічна конференція [«Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи»], 17—19 жовтня 2005, Київ / НУХТ. — Київ, 2005. — 160 с.

## SCHARDINGER DEXTRINS AS RAW MATERIALS FOR EDIBLE FILMS AND COATINGS

O. Shulga, A. Chorna

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Cyclodextrins*  
*Edible film and coating*  
*Strength*  
*Elongation*  
*Vapor permeability*

**Article history:**

Received 16.09.2017  
Received in revised form  
03.10.2017  
Accepted 27.10.2017

**Corresponding author:**

O. Shulga  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article presents experimental results of the study of Schardinger dextrins as raw materials for edible films and coatings. The object of the study was Schardinger dextrins (cyclodextrin). Schardinger dextrin is compatible with starch as a film-forming agent by origin and structure, soluble in water as a solvent for the production of edible films and coatings. It has been established that cyclodextrins play the role of plasticizers based on the results of the study of strength, elongation and vapor permeability. Thus, the strength index decreases from 10.2 MPa to 9.1 MPa, while the elongation increases by 38% to 54%. As the intermolecular force decreases and the film structure is softened, the chain mobility and intermolecular distance increase. Taking into account the abovementioned changes in the structure of the film due to the use of cyclodextrins, the vapor permeability index increases from 15.2% to 18.3%. Consequently, Schardinger dextrins should be used in the production of edible films and coatings as a plasticizer.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-17

---

## ДЕКСТРИНИ ШАРДИНГЕРА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ЇСТІВНИХ ПЛІВОК І ПОКРИТТІВ

О.С. Шульга, А.І. Чорна

Національний університет харчових технологій

*У статті представлено експериментальні результати дослідження декстринів Шардингера як сировини для їстівних плівок і покриттів. Об'єктом дослідження були декстрини Шардингера (циклодекстрини). Їстівні плівки з використанням і без використання циклодекстринів було досліджено за органолептичними, фізико-механічними показниками й паропроникністю. Декстрини Шардингера сумісні з крохмалем як плівкоутворювачем за походженням і будовою, розчинні у воді як розчиннику для виготовлення їстівних плівок та покриттів. Встановлено, що циклодекстрини відіграють роль пластифікатора на основі результатів дослідження показників міцності, подовження та паропроникності. Так, показник міцності зменшується з 10,2 МПа до 9,1 МПа, а подовження, навпаки, збільшується з 38% до 54%, оскільки знижується міжмолекулярна сила і пом'якшується структура*

плівки, збільшується рухливість ланцюга та міжмолекулярна відстань. Враховуючи зазначені зміни у структурі плівки внаслідок використання циклодекстринів, показник паропроникності збільшується з 15,2% до 18,3%. Отже, декстрини Шардингера варто використовувати під час виробництва їстівних плівок і покриттів як пластифікатор.

**Ключові слова:** циклодекстрини, їстівна плівка та покриття, міцність, подовження, паропроникність.

**Постановка проблеми.** Їстівна плівка або покриття — це оболонка на поверхні харчового продукту, яку видаляти перед вживанням продукту не обов'язково і яка забезпечує більш надійний захист харчового продукту (порівняно з упаковкою з полімерної плівки) від окислювального та мікробіологічного псування за рахунок відсутності прошарку повітря між продуктом і плівкою, що робить технологію пакування більш сучасною та раціональною.

Перші дослідження в даній галузі почалися ще в 40-х роках минулого століття [1]. Проте і досі в харчовій промисловості їстівні плівки та покриття не набули масового впровадження. На сьогодні їстівна плівка використовується під час виготовлення порційно розфасованого рису та кави, ковбасних виробів, свіжих овочів і фруктів.

У виробництві їстівних плівок перш за все використовують крохмаль для того, щоб частково або повністю замінити синтетичний полімер. Плівки з крохмалю прозорі або напівпрозорі, без запаху, смаку і кольору [2]. Їстівні плівки з кукурудзяного і картопляного крохмалю в поєднанні з різними харчовими добавками використовують також для упаковки кондитерських виробів. Проте плівки з крохмалю потребують використання пластифікатора для подолання крихкості плівки [3]. Крохмаль є відновлюваною природною сировиною, яка доступна і відносно недорого.

Для виготовлення їстівних плівок також використовують желатин, який добре розчинний у воді за температури вище 40° С з утворенням в'язкого розчину [4]. Властивості желатину, зокрема термостабільність, сприяють використовувати його для їстівних плівок [5, 6]. Желатин є перспективною сировиною для виготовлення їстівних плівок через його доступність і відносно невелику вартість.

Як плівкоутворювач у рецептурі їстівних плівок також використовується декстрин (E 1400) [7].

**Мета статті:** дослідити можливість використання циклодекстринів з метою розширення асортименту сировини для виготовлення їстівних плівок і покриттів за показниками якості плівок.

Об'єктом дослідження були декстрини Шардингера як сировини для виготовлення їстівної плівки.

**Матеріали і методи.** У дослідженнях були використані такі інгредієнти: декстрини з тапікового крохмалю або воскової кукурудзи, циклодекстрини (декстрини Шардингера) E 459 (β-циклодекстрин), желатин (E 441), нативний картопляний крохмаль, сечовина (E 927b), гліцерин (E 422).

Зразки плівки готували так: плівкоутворювачі крохмаль, желатин або декстрин змішувалися з циклодекстрином у сухому вигляді, додавали воду, нагрівали до їх розчинення або клейстеризації, далі вносили пластифікатор — сечовину або гліцерин. Розчин плівки виливали на тефлонову поверхню та витримували в кімнатних умовах до повного висихання протягом 10—12 год.

Плівки досліджували за органолептичними показниками (див. табл. 1).

**Таблиця 1. Органолептичні показники якості їстівних плівок і покриттів та їх характеристика**

Назва показника	Характеристика
Смак	Нейтральний, без стороннього присмаку
Запах	Властивий запаху використаної сировини, без стороннього запаху
Поверхня	Гладка, глянцева або матова
Колір	Безбарвний або блідо-жовтий
Прозорість	Прозора

Наведені показники були оцінені за 5-бальною шкалою, градацію якої наведено в табл. 2

**Таблиця 2. Балова оцінка якості їстівних плівок і покриттів**

Назва показника	Характеристика залежно від кількості балів				
	5	4	3	2	1
Смак	Нейтральний, без стороннього присмаку	Нейтральний, проте має ледь помітний сторонній присмак	Помітний сторонній присмак, поява гіркуватого, солодкуватого присмаку	Стійкий сторонній смак	Нехарактерний смак
Запах	Властивий запаху використаної сировини, без стороннього запаху	Властивий запаху використаної сировини, з ледь помітним стороннім запахом	Стійкий помітний сторонній запах	Неприємний сторонній запах	Неприємний сторонній запах
Поверхня	Гладка. Глянцева або матова	Гладка. Незначна матовість	Незначна шорстка та помітна матовість	Шорстка, матова	Дуже шорстка, матова
Колір	Безбарвний або блідо-жовтий	Безбарвний або жовтуватим відтінком	Жовтий, сірий	Темно-жовтий, сірий	Темно-жовтий, сірий
Прозорість	Прозора	Прозора	Прозора з невеликим помутнінням	Мутна	Мутна

На основі отриманих даних розраховувався комплексний показник якості: Комплексний показник якості розраховувався згідно з формулою [8]:

$$K_o = M_1 \frac{P_1}{P_1^b} + M_2 \frac{P_2}{P_2^b} + M_3 \frac{P_3}{P_3^b} + M_4 \frac{P_4}{P_4^b} + M_5 \frac{P_5}{P_5^b}, \quad (1)$$

де  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  — показники, що характеризують органолептичні властивості зразків (смак, колір, запах, поверхня, прозорість);  $P_1^b, P_2^b, P_3^b, P_4^b,$

$P_5^b$  — значення основних показників органолептичних властивостей зразків ( $P_1^b = P_2^b = P_3^b = P_4^b = P_5^b = 5$ );  $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5$  — коефіцієнти вагомості відповідних органолептичних показників півки ( $M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 = 1,0$ ): смак = 0,5; запах = 0,2; поверхня = 0,1; колір = 0,1; прозорість = 0,1.

Фізико-механічні властивості досліджувалися на універсальній випробувальній машині TIRAtest-2151 (рис. 1) відповідно до ГОСТ 14359-69 [9] та ГОСТ 14236-81 [10].



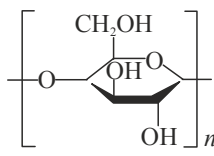
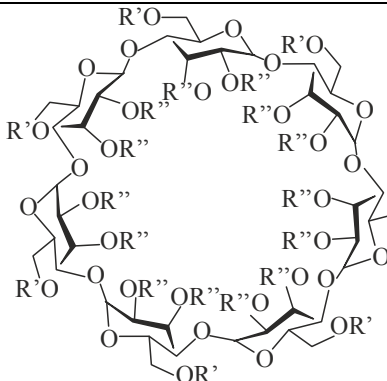
Рис. 1. Випробувальна машина TIRAtest-2151 та її пульт керування (праворуч)

Паропроникність плівок перевірялася відповідно до ГОСТ 7730-89 [11].

**Результати і обговорення.** Для проведення порівняльної характеристики декстрину та циклодекстрину як сировини для виробництва їстівних плівок і покриттів необхідно порівняти основні властивості зазначених речовин (табл. 3).

Таблиця 3. Характеристика властивостей декстринів і циклодекстринів

Властивість (показник)	Декстрини	Декстрини Шардингера (циклодекстрини)
1	2	3
Визначення	Сполуки, які одержують термічним обробленням крохмалю за наявності каталізатора і поділяються на кислотні, сольові і лужні [12]	Сполуки отримані за допомогою мікроорганізму <i>Bacillus macerans</i> до складу якого входить фермент, що володіє властивістю $\alpha$ -амілази та властивістю синтезувати циклічні декстрини (декстрини Шардингера), які складаються з $\alpha$ , $\beta$ та $\gamma$ циклічних декстринів, до складу яких входять, відповідно, шість, сім і вісім глюкозних залишків; не володіють відновлювальною властивістю на відміну від декстринів як різновиду модифікованого крохмалю [13].
Харчова добавка	E1400 [14]	E459 ( $\beta$ -циклодекстрин) [15]

1	2	3
Структурна формула		
Супутні речовини	Амілодекстрини, еритродекстрини, ахродекстрини, мальтодекстрини	α-циклодекстрин, β-циклодекстрин, γ-циклодекстрин
Органолептичні властивості	Порошок білого або жовтого кольору, солодкуватий на смак [14]	Білий порошок, без запаху, солодкуватий на смак [15]
Розчинність	У холодній воді, в лугах під час нагрівання, малорозчинний у розведеному спирті [14]	У гарячій воді, майже нерозчинний у спирті [15]
Фізичні властивості	Висока клеюча здатність, плівкоутворювач, ефективно зв'язують однорідні і неоднорідні поверхні, згущувач, стабілізатор [14]	Зберігає і стабілізує властивості ароматизаторів і вітамінів під час їх включення в склад продуктів, захист матеріалів від окислення і старіння під дією УФ випромінювання впродовж строку зберігання або використання. Емульгатор [15]
Застосування	Застосовується як адгезив і фіксатор хірургічних пов'язок; наповнювач у таблетках і капсулах; загущувач в емульсіях; зв'язуюча речовина під час гранулювання; під час дражирування таблеток в оболонці виконує роль пластифікатора та адгезиву; також є джерелом карбогідратів для людей, які дотримуються спеціальної дієти [14]. У харчовій промисловості для підвищення в'язкості розчинів; у кондитерській промисловості як складова патоки. Під час виробництва ковбас як наповнювач або сполучна речовина [14].	Використовуються для маскування неприємного смаку діючих речовин і перетворення рідких речовин на тверді. Використовують у рецептурі розчинів, супозиторіїв і косметичних засобів, а також для підвищення розчинності деяких діючих речовин (ібупрофену, недостатньо водорозчинних протизапальних речовин тощо). Застосовуються у фармацевтичній, косметичній та текстильній промисловості, в процесах очищення води тощо [15]. У харчовій промисловості у складі шоколадних мас, для зниження в'язкості. З метою пролонгації строків придатності під час виготовлення бісквітів і печива [15].

Отже, дані табл. 1 показують, що досліджувані два види декстринів є абсолютно різними речовинами з принципово різними властивостями. Тому до-



слідження застосування циклодекстрину для виробництва їстівних покриттів є актуальним для розширення асортименту сировинної бази для виготовлення їстівних плівок. Застосування декстрину для виробництва їстівної плівки відомо вже досить давно [1], використання циклодекстринів потребує дослідження їх ролі в структурі утворення плівки.

На першому етапі досліджень зупинилися на ключових характеристиках споживних властивостей їстівної плівки — органолептичних, фізико-механічних показників і паропроникності. Органолептичні показники є вирішальними для споживача під час вибору товару, фізико-механічні є визначальними під час експлуатації, а паропроникність впливатиме на властивість їстівної плівки затримувати вологу в продукті і, як наслідок, затримувати черствіння виробів.

Вплив виду декстрину на органолептичні показники якості їстівної плівки наведено в табл. 4.

*Таблиця 4. Результати впливу циклодекстрину на якість їстівної плівки*

Назва показника	Кількість балів				
	Без циклодекстрину на крохмалі	Без циклодекстрину на желатині	З циклодекстрином на крохмалі	З циклодекстрином на желатині	З декстринами на желатині
Смак	5	4,5	5	5	4,5
Запах	5	5	5	5	5
Поверхня	5	5	5	5	5
Колір	4,5	4	5	4,5	5
Прозорість	4	4	5	5	4,5

Отримані результати показують, що у разі використання циклодекстрину під час виробництва плівки суттєво поліпшується прозорість і смак за рахунок набуття нейтральності, колір стає світлішим. Наведені відмінності пояснюються властивостями циклодекстринів (табл. 1), а саме: менша молекулярна маса циклодекстринів не дає їм змоги брати участь в утворенні матриці плівки, тому досліджена плівка має лише матрицю базового плівкоутворювача (крохмаль або желатин) і тому є більш прозорою. Циклодекстрини є водорозчинними (табл. 3), тому, ймовірно, вони відіграють роль пластифікатора в плівці. Для підтвердження наведеної гіпотези необхідні фізико-механічні дослідження, які наведені далі.

За розрахованим комплексним показником якості отримано результати, наведені у табл. 5.

*Таблиця 5. Значення розрахованого показника якості досліджуваних їстівних плівок (покриттів)*

Зразок плівки	Комплексний показник якості ( $K_0$ )
Без циклодекстрину на крохмалі	0,97
Без циклодекстрину на желатині	0,91
З циклодекстрином і крохмалем	1,00
З циклодекстрином і желатином	0,99
З декстринами на желатині	0,94

Отже, враховуючи органолептичні показники плівки, циклодекстрини варто рекомендувати як сировину (ймовірно пластифікатор) для виготовлення їстівних плівок.

За фізико-механічними показниками отримано результати, що наведені в табл. 6.

**Таблиця 6. Вплив циклодекстринів на фізико-механічні показники їстівної плівки (покриття)**

Зразок плівки	Міцність при розриві, МПа	Подовження, %
Без циклодекстрину на крохмалі	8,8±0,3	43±1
Без циклодекстрину на желатині	10,2±0,4	38±1
З циклодекстрином на крохмалі	7,5±0,2	62±2
З циклодекстрином на желатині	9,1±0,4	54±2
З декстринами на желатині	8,0±0,3	47±1

Менша міцність плівки з циклодекстрином пояснюється тим, що вода, яка використовується для виготовлення плівки, іде на розчинення циклодекстринів, а не утворення розгалуженої матриці з плівкоутворювачем (желатин, крохмаль).

Отримані результати табл. 5 підтверджують припущення, що циклодекстрини відіграють роль пластифікатора, оскільки автори [16] стверджують, що з додаванням пластифікатора знижується міжмолекулярна сила і пом'якшується структура плівки, збільшується рухливість ланцюга та міжмолекулярна відстань. Як наслідок, подовження плівки збільшується, а міцність зменшується (табл. 6).

За умови зміни фізико-механічних характеристик можна очікувати і зміну властивостей плівки пропускати вологу. Результати визначення показника паропроникності наведено в табл. 7.

**Таблиця 7. Вплив циклодекстрину на показник паропроникності плівки**

Зразок плівки	Паропроникність, г/м <sup>2</sup> -год
Без циклодекстрину на крохмалі	16,0±0,5
Без циклодекстрину на желатині	15,2±0,4
З циклодекстрином і крохмалем	18,3±0,6
З циклодекстрином і желатином	17,4±0,6
З декстринами на желатині	16,1±0,5

Результати табл. 7 показують, що при додаванні циклодекстрину показник паропроникності збільшується, що підтверджує роль циклодекстрину як пластифікатора, оскільки в літературі [17] стверджується, що додавання пластифікатора може призвести до помітного збільшення коефіцієнтів дифузії для газу або водяної пари і зниження зчеплення, міцності на розрив. Оскільки декстрини Шардингера збільшують здатність плівки пропускати вологу, то доцільно рекомендувати їх застосовувати як пластифікатор для плівок, що будуть використовуватися для виробів з нетривалим строком зберігання, наприклад, хлібобулочні вироби.

Декстрини Шардингера варто рекомендувати для використання як пластифікаторів для плівок, оскільки пластифікатор повинен бути сумісний з полі-

мером і, якщо можливо, добре розчинний у розчиннику (щоб уникнути передчасного розшарування під час сушіння плівки), тобто ефективні пластифікатори повинні бути наближені до структури полімеру [18]. Декстрини Шардингера відповідають наведеним умовам, оскільки є вуглеводної природи як і крохмаль добре розчинні у воді, як розчиннику для приготування плівки.

### **Висновки**

Отже, декстрини Шардингера доцільно використовувати у виробництві їстівних плівок і покриттів як пластифікатор. Органолептичні показники їстівної плівки покращуються в разі використання декстринів Шардингера: поліпшується прозорість, смак стає більш нейтральним, колір більш світлий. Їстівна плівка з циклодекстринами отримала найбільший комплексний якості 0,99...1,0.

Міцність їстівної плівки з циклодекстринами зменшується з 10,2 МПа до 9,1 МПа, а подовження, навпаки, збільшується з 38% до 54%, що пояснюється впливом циклодекстринів на структуру плівки: знижується міжмолекулярна сила і пом'якшується структура плівки, збільшується рухливість ланцюга та міжмолекулярної відстані.

Паропроникність їстівної плівки збільшується з 15,2% до 18,3% унаслідок розрідження структури плівки, проте визначене збільшення особливо не впливатиме на виробу з нетривалим строком зберігання, наприклад, хлібо-булочні вироби.

### **Література**

1. *Embuscado M.E., Huber K.C.* Edible films and coatings for food applications. — New York : springer, 2009. — 411 p.
2. *Кудрякова Г.Х.* Съедобная упаковка: состояние и перспективы / Г.Х. Кудрякова, Л.С. Кузнецова, М.Н. Нагула, Н.В. Михеева, Е.В. Казакова // Пищевая промышленность. — 2007. — № 6. — С. 24—25.
3. *Parra D.F.* Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films / D.F. Parra, C.C. Tadini, P. Ponce, A.B. Lagao // Carbohydrate Polymers. — 2004. — Vol. 58. — P. 475—481.
4. *Walstra P.* Changes in dispersity in Physical Chemistry of Foods. Marcel Dekker, New York, Chapte 13. — 2003. — P. 476—547.
5. *Mitchell, J.R.* Functional properties of food macromolecules / Hill, S.E.; Ledward, D.A.; Mitchell, J.R.; Ed.; Aspen Publishers., 1998; P. 50—73.
6. *Ledward, D.A.* Handbook of hydrocolloids; Phillips G.; Willians P.; Ed.; CRC Press, Cambridge, England, 2000; P. 67—86.
7. Виготовлення декстрину і його властивості [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <http://likuvan.in.ua/vigotovlennya-dekstrinu-i-jogo-vlastivosti.html>.
8. *Чекмарев А.Н.* Квалиметрия и управление качеством. Ч 1. Квалиметрия: учеб. пособие / А.Н. Чекмарев. — Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. — 172 с.
9. ГОСТ 14359-69 Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования. — [Введ. 01.01.1970]. — Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1970. — 21 с.
10. ГОСТ 14236-81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. — [Введ. 01.07.81]. — Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. — 9 с.
11. ГОСТ 7730-89. Пленка целлюлозная. Технические условия. — [Введ. 01.07.90]. — Москва : ИПК Издательство стандартов, 1990. — 32 с.

12. Крохмаль модифікований. Загальні технічні умови: ДСТУ 4380:2005. — [Введ. в дію 2006-04-01]. — Київ : Держстандарт України, 2006. — 20 с. — (Національний стандарт України).
13. *Неницеску К.Д.* Органическая химия; [пер. с румын. Л. Бырлэдяна]. — Москва : Изд-во иностр. лит-ры, 1963. — Т. 2. — С. 320.
14. E1400 — Декстрины, крахмал, обработанный термически, белый и желтый [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <https://prodobavki.com/dobavki/E1400.html>.
15. E459 (β-циклодекстрин) [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <http://dobavkam.net/additives/e459>.
16. Декстрин картофельный (E-1400) [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <http://starch.vimal.ua/ru/potato-dextrin>.
17. E1400 — Декстрин [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <http://isit-good.info/dobavki/elxxx/e1400-dekstrin.html>.
18. Бета-Циклодекстрин E459 (beta-Cyclodextrin, BCD, цикломальтодекстрин, кристаллические декстрины Шардингера) [Электронный ресурс]. — Режим доступа до ресурсу: <http://www.goodsmatrix.ru/glossary/421.html>.
19. *Bordes P.* Nano-biocomposites: biodegradable polyester/nanoclay systems / P. Bordes, E. Pollet, L. Averous // *Prog. Polym. Sci.* — 2009. — № 34(2). — P. 125—155.
20. *Guilbert, S.* Technology and application of edible protective films. In: M. Mathlouthi (Ed.), *Food Packaging and Preservation: Theory and Practice*. Elsevier Applied Science Publishing Co., London, England. — 1986.
21. McHugh T. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation / T. McHugh, J. Krochta // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 1994. — № 42. — P. 841—845.

## DEVELOPING THE FORMULAS OF BOILED-SMOKED SAUSAGES CONTAINING MUSCOVY DUCK MEAT

N. Bozhko, V. Tischenko

*Sumy National Agrarian University*

V. Pasichnyi, O. Moroz

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Meat-containing boiled-smoked sausages  
Duck meat  
Formulas  
Nutritional and biological value*

---

**ABSTRACT**

The article is devoted to the development of formulas of meat-containing boiled smoked sausages with duck meat with adjustment of the amino acid composition using animal protein of pork skins and soy isolate. Waterfowl meat is a promising raw material for the meat industry. The possibility of using duck meat and proteins of pork skin in the meat-containing boiled smoked sausage recipes was substantiated. Three recipes of meat-containing boiled smoked sausages with duck meat, animal protein of pork skin, pork heart and soya isolate were developed. The changes of the nutritional value of the developed samples have been researched. It was found that the elimination of semi-fat pork from the analogue formulation increases the protein content by 71.43—72%, while the addition of proteins of pork skin and soy isolate in the formulation reduces the fat content by 11%. Improving the formulation allowed to increase the amino acid production and eliminate the presence of limiting amino acids.

---

**Article history:**

Received 07.09.2017

Received in revised form

28.09.2017

Accepted 15.10.2017

---

**Corresponding author:**

N. Bozhko

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-18

---

## РОЗРОБКА РЕЦЕПТУР ВАРЕНО-КОПЧЕНИХ КОВБАС З М'ЯСОМ КАЧКИ МУСКУСНОЇ

Н.В. Божко, В.І. Тищенко

*Сумський національний аграрний університет*

В.М. Пасічний, О.О. Мороз

*Національний університет харчових технологій*

*Стаття присвячена розробці рецептури м'ясомістких варено-копчених ковбас із м'ясом качки з коригуванням амінокислотного складу за допомогою білкового стабілізатора із свинячої шкурки та соєвого ізоляту. М'ясо водоплавної птиці є перспективною сировиною для м'ясної промисловості. Обґрунтована можливість використання м'яса качки та білкового стабілізатора із свинячої шкурки у рецептурах м'ясомістких варено-копчених ковбас. Розроблено три рецептури м'ясомісткої варено-копченої ковбаси із м'ясом качки, білковим стабілізатором із свинячої шкурки, серцем свинячим,*

*соєвим ізолятом. Досліджено зміни харчової цінності розроблених зразків. Встановлено, що вилучення із рецептури-аналога свинини напівжирної призводить до збільшення вмісту білків на 71,43—72%, а внесення в рецептуру білкового стабілізатора та соєвого ізоляту знижує вміст жиру на 11%. Удосконалення рецептури дало змогу підвищити амінокислотний скор готової продукції й усунути наявність лімітуючих амінокислот.*

**Ключові слова:** м'ясомістка варено-копчена ковбаса, м'ясо качки, рецептури, харчова та біологічна цінність.

**Постановка проблеми.** М'ясо птиці є найважливішим і доступним для населення продуктом харчування, а також джерелом повноцінних білків і ліпідів з високим рівнем поліненасичених жирних кислот, споживання якого забезпечує організм людини незамінними нутрієнтами. [1] Одним із перспективних напрямків, що потребує наукового обґрунтування, є удосконалення та розробка рецептур і технологій м'ясомістких ковбас варено-копченої групи, що в доступних літературних джерелах достатньо науково не обґрунтовані.

На сьогодні існує перспектива використання у виробництві варено-копчених ковбас м'яса водоплавної птиці, що, на жаль, в Україні не набуло широкого розповсюдження, але це м'ясо за комплексом фізико-хімічних, функціонально-технологічних показників, харчовою та біологічною цінністю є перспективною сировиною для м'ясної промисловості. До складу качинового м'яса входить велика кількість мінеральних речовин, таких як натрій, калій, залізо і мідь. М'ясо качки містить 15—17% білка, 24—38% жиру та 45—56% води. Також м'ясо качки відрізняється наявністю таких есенціальних речовин, як вітаміни, серед яких виділяються фолієва кислота, рибофлавін, вітаміни групи В і А [2].

Для збалансування амінокислотного складу білків у м'ясній промисловості часто використовують соєві препарати. Ізольовані соєві білки — це високодисперсні розчинні і високофункціональні продукти, що містять не менше 90% білка. Їх використовують для підвищення зв'язуючих властивостей фаршу і надання продукту соковитості, щільності й еластичності. Ізоляти виробляються способом традиційного хімічного виділення, при якому білок вилучається з пластівців шляхом розчинення та виділення з подальшим ізоелектроосадженням. Унаслідок цього ізоляти містять 90% білка, 2,5% вуглеводів, 0,5% жиру, 0,5% харчової клітковини, 4,5% золи. Виготовляються з високим відсотковим вмістом розчинного білка і з нейтральним смаком. Вони практично не містять харчових волокон та іноді мають високий вміст натрію — властивості, які можуть обмежити їх застосування. [3]

Популярність колагенвмісної сировини обумовлюється раціоналізацією застосування вторинних ресурсів м'ясної промисловості, тому актуальною є розробка технологій ковбасних виробів із використанням колагенових білків, що дають можливість знизити собівартість готової продукції і, одночасно, задовольнити потребу організму людини в есенціальних амінокислотах. [4—6].

**Мета дослідження:** удосконалення технології виробництва варено-копчених ковбас і розробка рецептури на основі м'яса водоплавної птиці із використанням колагенвмісної сировини та соєвого ізоляту.

**Матеріали і методи.** Для вирішення поставлених завдань у технології варено-копчених м'ясомістких ковбас використовували м'ясо качки мускусної (*Cairina moschata*) та білковий стабілізатор із свинячої шкірки, також до рецептури вводили соєвий ізолят, серце свиняче.

За контрольний зразок приймали рецептуру ковбаси «Утиная» [7]. До рецептури контрольного зразка варено-копченої ковбаси входила: м'ясо качки, шпик боковий, свинина напівжирна, кухонна сіль та спеції, нітрит натрію.

Для підвищення економічної ефективності виробництва в рецептурах замінили свинину напівжирну 32% на білковий стабілізатор зі свинячої шкірки 20%, соєвий білковий ізолят 11,5%, зменшили кількість м'яса качки на 7—15%. Для поліпшення функціонально-технологічних властивостей до рецептури вводили білковий стабілізатор із свинячої шкірки, який сприяв підвищенню функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) ковбас. Частка кухонної солі, нітрит натрію і спецій в дослідних і контрольному зразках не змінювалась.

Рецептурний склад основної сировини контрольного та дослідних зразків м'ясомістких варено-копчених ковбас наведений у табл. 1.

*Таблиця 1. Рецептури дослідних зразків варених ковбас*

Складові компоненти	Контрольний зразок	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3
Основна сировина, кг на 100 кг несоленої сировини				
М'ясо качки	55	48	45	40
Свинина напівжирна	32	—	—	—
Сало бокове	13	10	10	10
Серце свиняче	—	10	13	18
Соєвий ізолят гідратований	—	11,5	11,5	11,5
Білковий стабілізатор із свинячої шкірки	—	20	20	20
Апроред (тваринний білок з формених елементів крові)	—	0,5	0,5	0,5
Прянощі та допоміжні матеріали, г на 100 кг несоленої сировини				
Сіль кухонна	3000	3000	3000	3000
Цукор-пісок	100	100	100	100
Перець чорний	100	100	100	100
Нітрит натрію	5	5	5	5
Мускатний горіх або коріандр мелені	50	50	50	50
Часник чищений свіжий	200	200	200	200

Виготовлення зразків проводили згідно з технологією приготування фаршу варено-копчених ковбас з додаванням гідратованого соєвого ізоляту (1:5).

У модельних зразках м'ясомістких варено-копчених ковбас досліджували харчову та біологічну цінність готового продукту, розраховували вміст незамінних амінокислот, амінокислотний скор зразків варено-копченої м'ясомісткої ковбаси, проводили органолептичну оцінку готових виробів згідно із стандартними методиками [8; 9].

**Результати і обговорення.** Результати вивчення харчової та енергетичної цінності отриманого продукту наведено в табл. 2, з якої видно, що вміст білків у дослідних рецептурах становив 24,72—24,80%, тобто 100 г ковбаси задовольнить потребу дорослої людини в білку на 30,9%.

*Таблиця 2. Харчова та енергетична цінність м'ясомісткої варено-копченої ковбаси*

Найменування	Контроль	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3
Вміст білка, г/100 г	14,42	24,72	24,80	24,78
Вміст жиру, г/100 г	31,76	28,27	27,93	27,18
Енергетична цінність, кКал	344	353	351	345

При цьому концентрація білкових речовин у дослідних зразках була вищою порівняно з контролем на 71,43—72%.

Вміст жиру в дослідних виробках досить високий і становить 27,18—28,27%, що на 11% менше, ніж у контрольному зразку, проте на 35—36% задовольняє потребу дорослої людини в жирах, особливо у ненасичених жирних кислотах за рахунок використання м'яса качки Мускусної. Енергетична цінність розробленої м'ясомісткої варено-копченої ковбаси становить 345—352 кКал, що задовольняє добову потребу в енергії на 10—12%.

Результати розрахунку амінокислотного скору контрольного та дослідних зразків наведено в табл. 1.

*Таблиця 3. Амінокислотний скор варено-копченої м'ясомісткої ковбаси із м'яса качки, %*

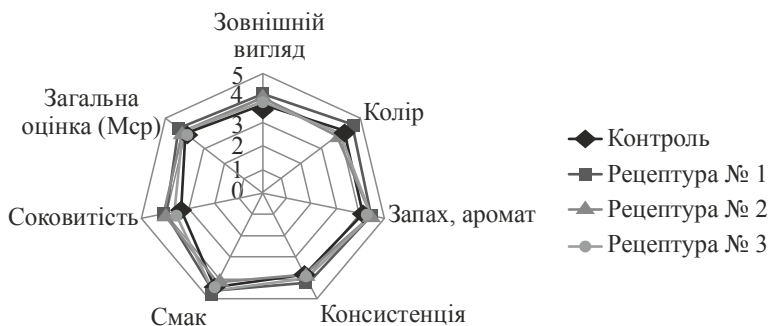
Амінокислота	ФАО/ВООЗ, г в 1 г білка	Контроль	№ 1	№ 2	№ 3
Валін	50	108,5	135,2	287,3	270,1
Лізин	55	140,2	163,3	352,6	332,4
Треонін	40	112,8	130,5	284,0	267,2
Метіонін+цистеїн	35	73,4	146,9	249,5	228,3
Триптофан	50	118,1	178,0	361,9	341,4
Ізолейцин	40	118,0	137,5	275,4	257,4
Лейцин	70	116,1	144,3	330,7	310,5
Тирозин+фенілаланін	60	68,3	120,0	331,8	310,1
Лімітуючі амінокислоти	—	Метіонін+цистеїн; Тирозин+фенілаланін	Немає	Немає	Немає

З табл. 3 видно, що у контрольному зразку наявні дві лімітуючі амінокислоти метіонін+цистеїн — 73,4% та тирозин+фенілаланін — 68,3%. Однак повна заміна в дослідних зразках свинини напівжирної на комбінацію субпродуктів з рослинними білками, білковим стабілізатором і білковим препаратом на основі формених елементів крові забійних тварин дає змогу підвищити рівень збалансованості амінокислотний скор лімітованих амінокислот.

Оптимальною рецептурою можна вважати дослідний зразок за рецептурою № 2, в якому амінокислотний скор практично всіх незамінних амінокислот був вищим порівняно з іншими варіантами.



Результати сенсорної оцінки виготовлених ковбас представлено на рисунку.



**Рисунок. Сенсорна характеристика контрольного і досліджуваних зразків**

Дані табл. 3 свідчать про те, що всі зразки ковбас відповідають вимогам стандарту за органолептичними показниками. Слід відмітити, що всі зразки досліджуваних варено-копчених ковбас отримали вищі оцінки порівняно з контрольним зразком. Зразки № 1—3 характеризувались приємним запахом, мали гарні смакові властивості і пружну консистенцію. Високу органолептичну оцінку отримали всі показники якості м'ясомістких варено-копчених ковбас із м'ясом качки Мускусної, проте найвищу оцінку отримав зразок № 1.

### **Висновки**

У представлених матеріалах проведених досліджень наведено порівняльну характеристику харчової та біологічної цінності розроблених рецептур м'ясомісткої варено-копченої ковбаси із м'ясом качки. Проаналізовано зміни їх органолептичних показників. Встановлено раціональну кількість внесення в рецептуру інгредієнтів тваринного і рослинного походження, оптимальне та їх співвідношення, що дає змогу виробляти готовий продукт, який має високу харчову і біологічну цінність.

Встановлено, що заміна в рецептурі-аналогі свинини напівжирної на комбінацію субпродуктів, білкового стабілізатора, соєвого ізоляту і білкового препарату на основі крові забійних тварин дає змогу збільшити поживну і біологічну цінність ковбасних виробів з покращенням якісних характеристик розроблених варено-копчених ковбас.

Удосконалення рецептурного складу варено-копченої ковбаси на основі м'яса качки Мускатної надало можливість підвищити збалансованість амінокислотного складу продукції й усунути наявність лімітуючих амінокислот у рецептурі аналогу.

### **Література**

1. Кирилюк Д.О. Аналіз сучасного стану ринку продукції птахівництва в Україні / Д.О. Кирилюк // Економіка АПК. — № 2. — 2014. — С. 116—119.
2. Митрофанов Н.С. М'ясо птиці як основа для розширення асортименту м'ясних продуктів [Текст]. / Н.С. Митрофанов, І.І. Маковеев // М'ясна індустрія. — 2006. — № 4. — С. 26—29.
3. Соевые белки в производстве мясных продуктов // Мясной бизнес. — 2006. — № 4. — С. 28—30.

4. *Пасічний В.М.* Внесення колагенвмісних сумішей у фаршеві системи / В.М. Пасічний, М.М. Полумбрик // Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького. Технічні науки. Серія «Харчові технології» Частина 4. — 2016. — Том 18, № 2(68). — С.150—152.
5. *Куцакова В.Е.* Гидролизованная свиная шкурка в производстве изделий из мяса / В.Е. Куцакова, М.И. Кременевская, Е.В. Москвичева // Мясные технологии. — 2009. — № 8. — С. 42—45.
6. *Українець А.І.* Використання білкових наповнювачів у виробництві напівкопчених ковбас / А.І. Українець, В.М. Пасічний, О.О. Мороз, І.В. Неводюк // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 2. — С. 226—233.
7. *Никитин Б.И.* Переработка птицы, кроликов и производство птицепродуктов / Б.И. Никитин, Н.Б. Никитина. — Москва : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 244 с.
8. *Антипова Л.В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. — Москва : Колос, 2001. — 576 с.
9. *Журавская Н.К.* Технохимический контроль производства мяса и мясopодуктов./ Н.К. Журавская, Б.Е. Гутник, Н.А. Журавская — Москва : Колос, 2001. — 476 с.

**SCIENTIFIC BASES OF THE TECHNOLOGIES OF HEALTH-PROMOTING FOOD PRODUCTS PREPARED USING THE ACCUMULATION OF FUNCTIONAL INGREDIENTS**

Y. Pyvovarov, O. Neklesa, G. Stepankova, Y. Korotayeva, D. Tyutyukova, A. Dichtyar, N. Mriachenko  
*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

**Key words:**

*Bread  
Oat germ oil-cake  
Corn germ oil-cake  
Choux pastry products  
High oleic sunflower oil  
Coagulation of milk proteins  
Acid fermented cottage cheese*

**Article history:**

Received 19.09.2017  
Received in revised form 01.10.2017  
Accepted 16.10.2017

**Corresponding author:**

Y. Pyvovarov  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-19

**ABSTRACT**

The article presents the results of the introduction of innovative technologies of food products of medical and preventive appointment of daily use, based on the forms and methods of introducing functional ingredients for regulating the chemical composition of dietary rations. New technologies are developed with the use of modern methods of encapsulation, structuring by ionotropic gel formation, regulation of chemical composition with the aim of minimizing caloric content during ration preparation, maximizing the usefulness of food, provided that the balance of energy consumption of an organism is met and optimization of the technological process, etc.

**НАУКОВІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ОДЕРЖАНОЇ ШЛЯХОМ АКУМУЛЯЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ**

Є.П. Пивоваров, О.П. Неклеса, Г.В. Степанькова, Є.О. Коротаєва, Д.О. Тютюкова, А.М. Діхтярь, Н.В. Мряченко  
*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті наведено результати впровадження інноваційних технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення щоденного вжитку, в основу яких покладено форми та методи внесення функціональних інгредієнтів для регулювання за хімічним складом раціонів харчування. Нові*

*технології розроблено із застосуванням сучасних способів капсулювання, структурування методом іонотропного гелеутворення, регулювання хімічного складу з метою мінімізації калорійності під час складання раціонів, максимізації корисності їжі за умови дотримання балансу енерговитрат організму й оптимізації технологічного процесу тощо.*

**Ключові слова:** *хліб, шрот зародків вівса, жмих зародків кукурудзи, продукція із заварного тіста, олія соняшникова високоолеїнового типу, коагуляція білків молока, сир кисломолочний.*

**Постановка проблеми.** У теперішній час особливої актуальності набуває створення харчової продукції нового покоління, що пов'язано з недостатньою забезпеченістю населення країни життєво важливими нутрієнтами, такими як мінеральні речовини, поліненасичені жирні кислоти, амінокислоти, харчові волокна тощо [1]. Їх дефіцит спостерігається у всьому світі, незалежно від рівня країни, її соціального та фінансового розвитку, кліматичних умов тощо. Для розробки, впровадження та виробництва таких продуктів необхідне проведення комплексу фізіологічних, хімічних і технологічних досліджень, тому що в основу реалізації конкурентоспроможних технологій повинні закладатися фундаментальні, професійні, виробничі моделі.

На сьогодні існує безліч чинників, які негативно впливають на захисні функції організму. В результаті постійних психологічних і нервових навантажень, стресів, малорухомого способу життя відбувається гальмування метаболічних процесів, що призводить до накопичення в організмі людини шкідливих речовин, у тому числі шлаків, токсинів, радіонуклідів тощо [2]. Все це спонукає до пошуку нових підходів до виробництва та споживання збалансованої їжі, надання нових «зручних» товарних форм, довгострокових термінів зберігання за умови збереження первозданного вигляду функціональних речовин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До групи харчової продукції лікувально-профілактичного призначення відносяться продукти щоденного вжитку, які призначені для системного споживання та яким властиві характеристики, здатні зберігати та покращувати здоров'я людини й знижувати ризики розвитку захворювань завдяки наявності у їх складі лікувальних, функціональних інгредієнтів. Такі продукти не є лікарськими засобами, але перешкоджають утворенню окремих хвороб, сприяють росту та розвитку дітей, гальмують старіння організму.

Створення харчової продукції лікувально-профілактичного призначення для певних груп населення, наприклад, для людей, які знаходяться в екстремальних умовах, може вирішувати конкретні завдання. Продукти, які є джерелом поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, характеризуються збалансованим жирнокислотним складом, можуть розширити резерви організму й адаптуватися до таких несприятливих умов зовнішнього середовища, як спека, холод, інтенсивне фізичне та психоемоційне навантаження. Виробництво збалансованого харчування, яке є джерелом харчових волокон дає змогу регулювати роботу шлунково-кишкового тракту, зміцнювати імунну

систему, збільшувати витримку організму до перетравлюваності харчових інгредієнтів, а контрольоване виведення цих речовин у заданому місці в організмі людини — збільшити швидкість їх дії, цілеспрямовано впливати на роботу окремих органів людини [3; 4]. Окрему увагу слід приділити харчовій продукції на основі молока, яка є джерелом повноцінного білка, тому що в останні роки в технологіях вищезначеної продукції розроблено та запроваджено низку новацій, які лежать, з одного боку, в площині надання харчовій продукції функціональних властивостей за рахунок застосування пробіотиків, інулінвмісної сировини, зернових, солодових на інших наповнювачів, а з іншого — регулюванні функціонально-технологічних властивостей молока як вихідної сировини для виробництва кулінарної продукції (використання загусників, вологоутримуючих компонентів, стабілізаторів структури).

Саме цьому актуальним є розробка й обґрунтування інноваційних технологій харчової продукції щоденного вжитку, в основу яких покладено форми та методи внесення вищеперелічених субстанцій функціональних інгредієнтів, видалення із системи «бар'єрних» складових, контроль їх просування вздовж шлункового-кишкового тракту, асиміляцію та дисиміляцію в організмі людини й моніторинг їх впливу на системи-мішені.

**Метою статті** є розробка та впровадження технологій харчової продукції лікувально-профілактичного призначення із застосуванням сучасних способів капсулювання, структурування методом іонотропного гелеутворення, регулювання хімічного складу з метою мінімізації калорійності під час складання раціонів, максимізації корисності їжі за умови дотримання балансу енерговитрат організму й оптимізації технологічного процесу, що є безумовно своєчасним напрямком для нашої країни.

**Викладення основних результатів дослідження.** В рамках наукового напрямку розроблено та впроваджено технології виробництва капсульованих натуральних соусів різного походження у термостійку харчову оболонку на основі гелю альгінату кальцію, живих пробіотичних мікроорганізмів, фруктових наповнювачів, збагачених водорозчинними вітамінами, збалансованих за жирнокислотним складом сумішей жирових та риб'ячого жиру, збагачених жиророзчинними вітамінами, фосфоліпідами,  $\beta$ -каротином тощо. Науково обґрунтовано технологію виробництва хлібобулочних виробів із використанням харчових волокон, «корисних» жирів і ферментних препаратів, молочних продуктів із високим вмістом білкових речовин та мінералів, регульованим хімічним складом.

Ліпіди відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, вони є основними структурними компонентами клітинних мембран, служать головним джерелом енергії та утворюють резерв енергетичного матеріалу [5]. Ліпідні продукти є необхідною складовою раціону людини, які надходять в організм при вживанні олій, вершкового масла, маргарину, кулінарних жирів (так звані «видимі» жири), а також із рибою, м'ясом, молоком, яйцями сільськогосподарської птиці тощо («приховані» жири). На ринку існує широкий асортимент різноманітних олій, жирів, які мають природний жирнокислотний склад і моделюються за рекомендаціями медицини, фізіології харчування, дієтології з урахуванням попиту населення. Промислові зразки цієї категорії пред-

ставлені оліями рідкими й твердими, жирами рідкими й твердими, гідрогенізованими кулінарними та кондитерськими жирами, маргаринами тощо.

Суміші рослинних олій мають широкий спектр застосування — безпосереднє використання в їжу, адаптація в технологіях салатних заправок, масла оселедця, інших жирових продуктів (маргаринів, спредів, майонезів, соусів), а також створення нових олійних та олієжирових сумішей для галузі харчової промисловості, що сприятиме не лише розширенню асортименту продукції, але й виробництву нових видів виробів профілактичного та функціонального призначення, спрямованих на оздоровлення населення. Але не менш важливим є фізико-хімічні властивості олієжирової сировини, які змінюються під впливом зовнішнього середовища та скорочують терміни реалізації готової продукції. Це призводить до пошуку технічних, технологічних прийомів одержання, переробки олієжирової сировини з метою стабілізації колоїдних систем шляхом використання ПАР і стабілізаторів.

На наш погляд, перспективним є напрям переробки олієжирової сировини у капсульовану форму з термостабільною оболонкою на основі іонотропних полісахаридів (рис. 1) [6].

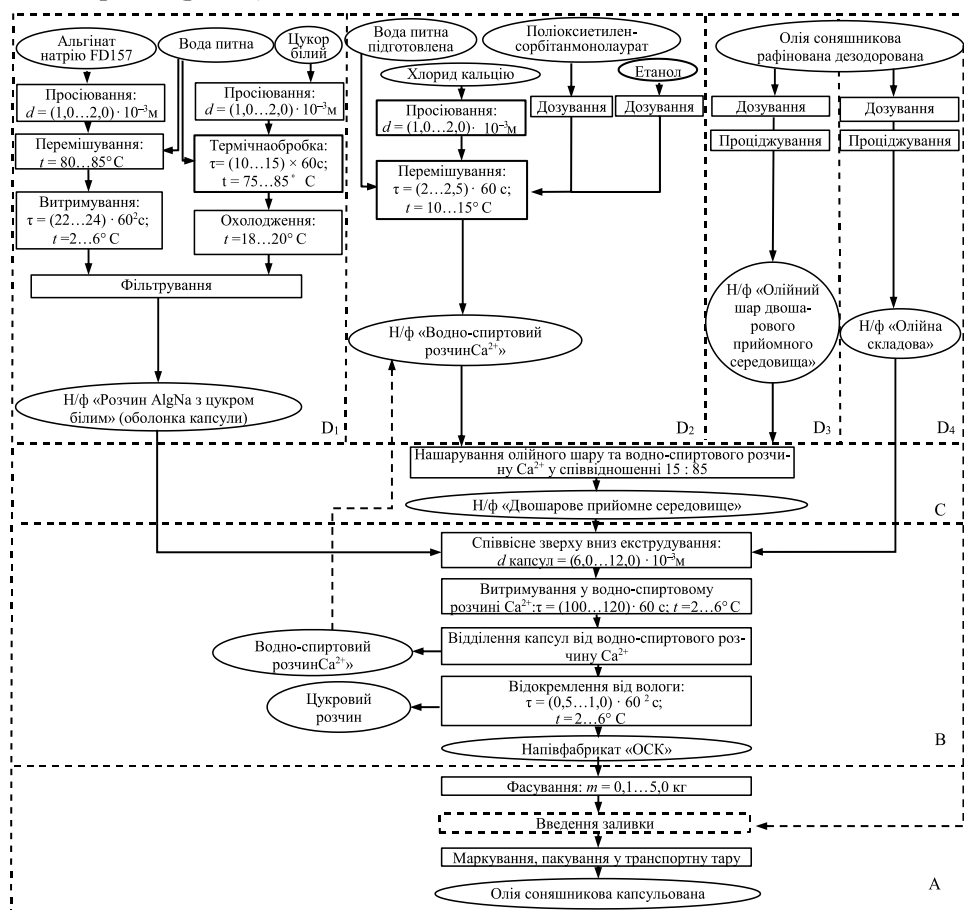


Рис. 1. Технологічна схема виробництва ОЖСК

Розроблено й обґрунтовано технологію капсулювання олієжирової сировини у термостійкі оболонки  $Al_2O_3$ , що дає змогу одержувати продукти з високими органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та забезпечувати сталі показники олій, жирів та їх сумішей під час зберігання, які входять до складу капсули. Такий спосіб надає можливість розширити асортимент олієжирової сировини, забезпечити її інтактність у технологічному процесі виробництва кулінарної продукції, розробити нову товарну форму, яка за своїми функціонально-технологічними властивостями буде сприяти вирішенню численних технологічних завдань у галузі.

У рамках наукової діяльності розроблено та науково обґрунтовано технологію виробництва олієжирової продукції капсульованої зі збалансованим жирнокислотним складом (ОЖСК), досліджено етапи, параметри технологічного процесу, визначено послідовність і взаємозв'язок між технологічними операціями.

Визначено основні органолептичні та фізико-хімічні показники, харчову цінність ОЖСК. Установлено, що за загального вмісту сухих речовин  $80,2 \pm 0,4\%$  ОЖСК містить  $79,9 \pm 0,1\%$  жиру,  $0,3 \pm 0,01\%$  вуглеводів, а енергетична цінність становить 720,3 ккал. Розроблено рекомендації з використання ОЖСК в бізнес-системах В2В, В2С, ЗРГ як самостійного продукту, напівфабрикату, наповнювача або елемента декору, що покращує поживну та енергетичну цінність кулінарних страв.

Досліджено зміну якості ОЖСК протягом зберігання під впливом зовнішніх технологічних чинників. Визначено, що терміни зберігання ОЖСК становлять 6 місяців, у той час як олія соняшникова має строк зберігання 3 місяці за однакових температурних умов ( $t = 2 \dots 6^\circ C$ ).

Концептуальним підходом до вирішення проблем аліментарних хвороб є підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів, частка яких у харчових раціонах складає до 15,0%. Відомо, що традиційні сорти хліба, маючи високу енергетичну цінність, характеризуються незбалансованим амінокислотним складом, низьким вмістом харчових волокон, багатьох вітамінів і мінеральних речовин. Отже, важливим завданням хлібопекарської галузі є формування асортименту хлібобулочних виробів, збагачених фізіологічно функціональними інгредієнтами. Науковий і практичний досвід свідчить, що з цією метою доцільно включати до рецептур хліба вторинні продукти переробки зернових культур, які є природними біокоректорами з високим вмістом біологічно цінних білків, неперетравлюваних полісахаридів та інших корисних для організму людини речовин.

У науковій роботі для створення технологій хліба оздоровчого призначення як перспективну вітчизняну сировину запропоновано використовувати дрібнодисперговані шрот зародків вівса (ШЗВ) та жмих зародків кукурудзи (ЖЗК) — вторинні продукти у технологіях вівсяної й кукурудзяної олій (рис. 2). Вони є джерелом харчових волокон, що, як відомо, мають потужні пребіотичні, детоксикаційні, імуностимулюючі властивості. Особливістю їх хімічного складу також є значний вміст білків з високим скором дефіцитних для хліба амінокислот лізину й треоніну, вітамінів, макро- та мікроелементів, поліфенольних сполук (табл. 1) [7].

У рамках нової технології вивчено вплив дослідних добавок на показники технологічного процесу та якості хліба за опарного способу тістоприготування, оптимізовано рецептурний склад виробів із ШЗВ, розроблено асортимент, технологічні й апаратурно-технологічну схеми виробництва хліба з добавками.

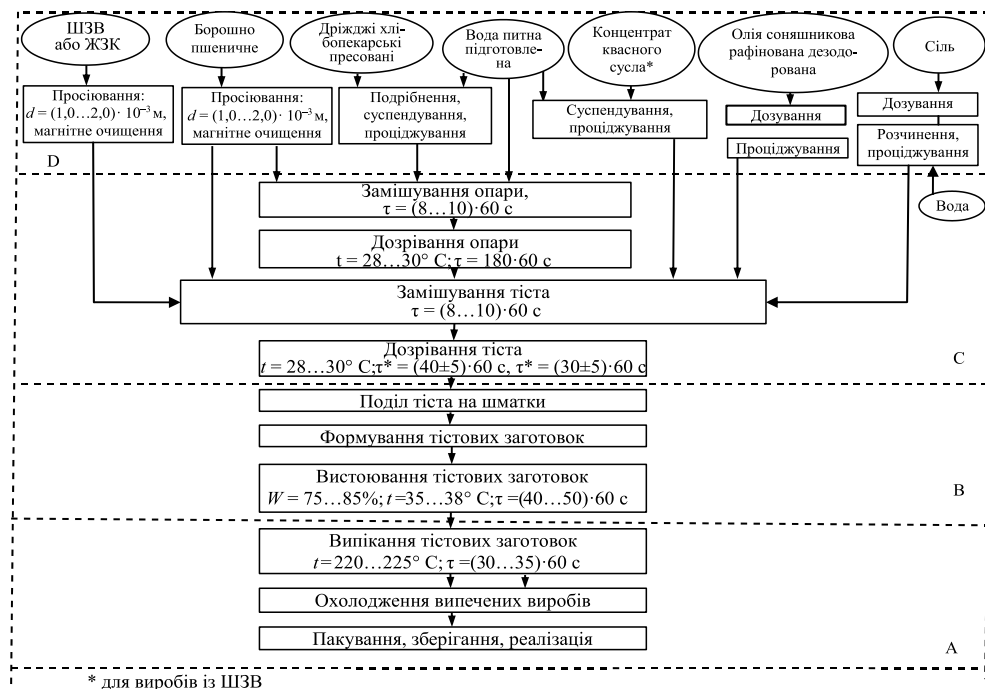


Рис. 2. Технологічна схема виробництва хліба з додаванням шроту зародків вівса і хліба із додаванням жмиху зародків кукурудзи безопарним способом

Таблиця 1. Вміст поживних і баластних речовин у шроті зародків вівса та жмиху зародків кукурудзи

Найменування речовини	Масова частка речовини в сировині, %		
	Борошно пшеничне І г	ШЗВ	ЖЗК
Білок	10,6±0,4	23,0±1,0	20,0±0,8
Жир	1,30±0,03	сліди	6,00±0,20
Вуглеводи	73,2±2,8	58,4±1,8	57,5±1,7
у т. ч. моно-, дисахариди	1,80±0,06	5,10±0,2	11,0±0,50
крохмаль	67,1±2,1	30,0±1,0	25,0±0,7
харчові волокна:	4,0±0,2	23,3±0,7	22,5±0,7
у т. ч. розчинні	0,60±0,01	9,50±0,40	3,70±0,16
нерозчинні	3,40±0,12	13,80±0,42	18,80±0,60
у т. ч. геміцелюлози	3,70±0,14	13,90±0,56	15,80±0,48
целюлоза	0,30±0,01	7,10±0,26	4,80±0,16
пектинові речовини	—	2,30±0,10	1,90±0,08

Розроблено асортимент виробів з ШЗВ і ЖЗК, що включає таку продукцію: хліб зі шротом зародків вівса і хліб зі жмихом зародків кукурудзи у



кількості 20,0% від маси борошна, виготовлений опарним способом (рис. 2). Результати визначення харчової та біологічної цінності хліба з добавками свідчать, що їх внесення у кількості 20,0% до рецептури хліба сприяє збільшенню вмісту білків у виробі з ШЗВ на 13,7%, а з ЖЗК — 8,2%, а також підвищенню амінокислотного скору треоніну, цистину та метіоніну, фенілаланіну та тирозину. У нових виробі збільшується вміст вітамінів E, B<sub>1</sub> та PP, заліза і магнію. Так, при споживанні добової норми (277 г) хліба з ШЗВ, добова потреба організму людини у вітаміні B<sub>1</sub> задовольняється на 32,0%, у вітамінах E — на 25,5%, PP — на 25,0%. У денній нормі хліба з ЖЗК міститься 41,7% добової норми вітаміну B<sub>1</sub>, 58,5% вітаміну E, а також 28,4% вітаміну PP. Загальний вміст вуглеводів за рахунок заміни борошна у виробі із ШЗВ зменшується на 14,0%, з ЖЗК — на 18,2%. Характерною перевагою розроблених виробів є високий вміст низькомолекулярних фенольних сполук і дубильних речовин. Слід відмітити, що в нових виробі значно покращується мінеральний склад, особливо за такими речовинами, як магній і залізо. Порівняно з виробі без добавок енергетична цінність хліба з ШЗВ знижується незначно, а з ЖЗК — на 9,0...12,3%. *In vitro* встановлено, що ступінь перетравлюваності білка хліба з ШЗВ і ЖЗК знижується відносно контрольного зразка на пепсиновій стадії на 19,0 і 14,6%, на трипсиновій — на 8,7 і 5,2% відповідно. Швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів хліба з добавками також зменшується, що дасть змогу знизити вуглеводне навантаження на організм людини.

В умовах зростання конкуренції на споживчих ринках важливим завданням для харчової промисловості та закладів ресторанного господарства є інтенсифікація існуючих технологічних процесів, ефективне використання потенціалу сировини, розширення асортименту продукції. Це повною мірою розповсюджується й на виробництво продукції із заварного тіста, обсяги виробництва та споживання якої останнім часом суттєво зростають. Використання в її складі як жирового компонента масла вершкового, маргаринів, спредів, гідрогенізованих рослинних олій унаслідок постійно зростаючої вартості, незадовільного жирнокислотного складу, обмеженого терміну придатності продукції на їх основі стали стримуючим чинником, що не задовольняє вимоги виробників.

На сьогодні шляхом індукції мутацій із корисним біохімічним ефектом виведено гібрид соняшнику з високим вмістом гліцеринів олеїнової кислоти, з якого виробляється олія соняшникова високоолеїнового типу (ОСВТ), що містить понад 89,0% гліцеринів олеїнової кислоти. ОСВТ як представник групи жирних кислот родини  $\omega$ -9, які позитивно впливають на обмін холестерину та склад ліпопротеїнів у сироватці крові, забезпечують зменшення захворюваності людей на ішемічну хворобу серця, що дає змогу позиціонувати її як функціонально-фізіологічний компонент харчування.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розкрито інноваційний задум технології продукції із заварного тіста з використанням ОСВТ; обґрунтовано технологічні параметри та рецептурний склад продукції із заварного тіста з використанням ОСВТ, умови та терміни зберігання;

наведено результати дослідження основних показників якості та безпеки та їх зміни під час зберігання [8; 9].

Для обґрунтування та розробки технології продукції із заварного тіста з використанням ОСВТ досліджено динаміку змін деформації заварного тіста з використанням ОСВТ залежно від вмісту жирового компонента і води. Встановлено, що регулювання вмісту ОСВТ у межах 12,0...68,0% призводить до збільшення швидкості зсуву. Зразки заварного тіста з використанням ОСВТ є псевдопластичними рідинами, для всіх зразків характерна наявність незворотної деформації плинну. Виявлено, що заміна вершкового масла (контроль) на ОСВТ призводить до змін структурно-механічних властивостей тіста, а саме: до зміцнення структури тіста, що пояснюється активною участю моногліцеридів і вільних ненасичених жирних кислот в утворенні міцних комплексів із молекулами білків і крохмальних полісахаридів борошна. Встановлено, що зі збільшенням концентрації олії в заварному тісті від 12,0 до 68,0% значення модуля пружності зростає в 4,6 рази. Водночас показник модуля еластичності зростає в 7 разів, що свідчить про підвищення концентрації сухих речовин. За концентрації ОСВТ 32,0% та води 68,0% значення модуля пружності й модуля еластичності цього зразка наближене до контролю. Технологічна схема нової технології наведена на рис. 3.

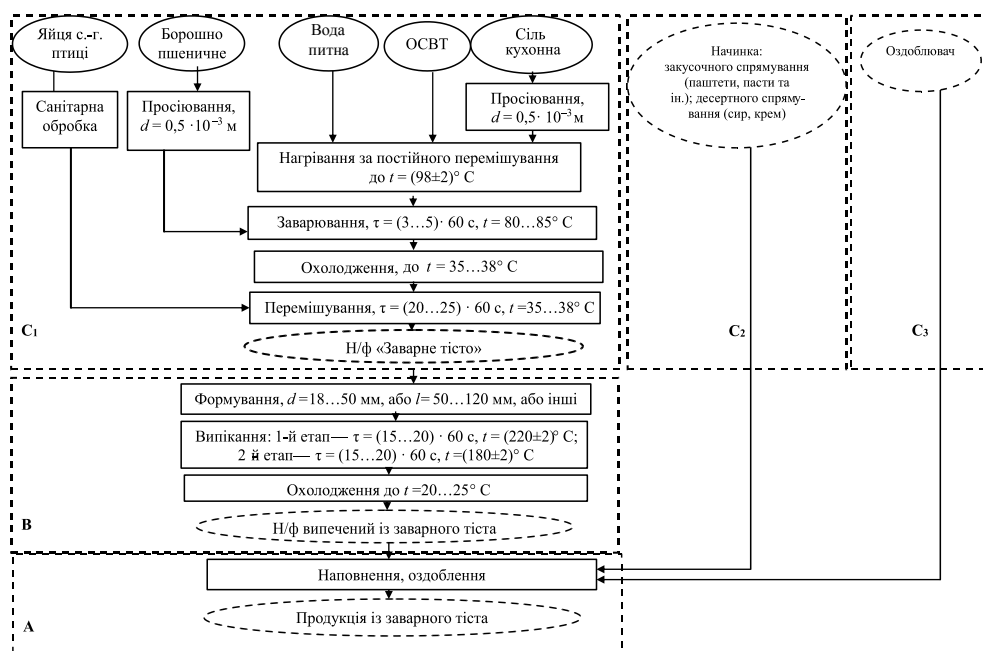


Рис. 3. Технологічна схема виробництва продукції із заварного тіста з використанням ОСВТ

Результати досліджень фізико-хімічних і технологічних властивостей випечених напівфабрикатів із заварного тіста (контроль) та з використанням ОСВТ наведено в табл. 2.

**Таблиця 2. Фізико-хімічні і технологічні властивості випечених напівфабрикатів із заварного тіста (контроль) та з використанням ОСВТ**

Найменування показника	Напівфабрикат, випечений із заварного тіста (контроль)	Напівфабрикат, випечений із заварного тіста, з використанням ОСВТ
Об'єм, $V \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup>	177,9±1,0	185,8±0,2
Питомий об'єм, $V_{\text{шт}} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	4,5±0,1	7,3±0,2
Формостійкість, $H/D$ , ум. од.	0,8±0,1	1,00±0,2
Об'єм порожнини, $V_{\text{порож}} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup>	152,9±1,0	162,3±2,0
Об'ємна пористість, %	86,8±0,2	86,5±0,2
Упікання, $U_c$ , %	41,0±1	39,0±1
Усушка, $U_c$ , %	10,5±0,3	4,4±0,1

Встановлено, що заміна вершкового масла на ОСВТ призводить до покращення структурно-механічних властивостей напівфабрикату, випеченого із заварного тіста, а саме: до збільшення об'єму на 4,4%, питомого об'єму — на 62,0%, формостійкості — на 17,6%, об'єму порожнини — на 6,0%. Утворені комплекси ненасичених жирних кислот із білками і крохмальними полісахаридами забезпечують утримання вологи, у результаті чого зменшуються упікання та усушка на 5,0% і 42,0% відповідно.

Аналіз результатів дослідження показує, що масова частка вологи в продукції із заварного тіста (контроль) становить 19,0%, у той час як у продукції із заварного тіста з використанням ОСВТ знаходиться в межах 17,0...77,0%, залежить від наповнювача і теплової обробки. Вміст жиру у випеченому напівфабрикаті із заварного тіста вищий за контрольний зразок на 1,5% і становить 34,0%. Для готової продукції вміст жиру — 46,0...56,0%, вміст цукру залежить від виду наповнювача і становить 17,5...55,0%.

Згідно із сучасними уявленнями про закономірності та механізм процесу коагуляції білків молока (як визначального під час одержання сиру кисломолочного) поряд з іншими чинниками важлива роль у згортанні молока належить кальцію, роль якого полягає у зв'язуванні вільних ОН-груп фосфорної кислоти казеїнових міцел. Унаслідок вищезначеного зменшується їх від'ємний заряд, знижується колоїдна стабільність, що призводить до зниження гідрофільності з подальшою агрегацією казеїнових молекул. З одного боку, даний процес є позитивним, оскільки саме за його перебігу формується білковий згусток сиру кисломолочного, а з іншого — за надмірного вмісту кальцію негативним, що виявляється в утворенні сухої та крихливої консистенції [10].

Регулювання складу сольової системи молока як вихідної сировини для виробництва сиру кисломолочного шляхом зміни вмісту та стану кальцію дало змогу скорегувати параметри процесу одержання сиру кисломолочного та його функціонально-технологічні властивості, зокрема, вологоутримуючу здатність, текстуру, формостійкість тощо, що є важливим з огляду на використання його в технології широкого асортименту кулінарної продукції [11].

Фізико-хімічні й органолептичні показники сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока, наведено у табл. 3, 4.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
Масова частка сухих речовин	%	26,0±0,3
Масова частка жиру	%	1,2±0,1
Масова частка білка	%	22,4±0,3
Масова частка лактози	%	2,7±0,1
Титрована кислотність	°Т	24±1
Масова частка мінеральних речовин	%	0,7±0,1

Таблиця 4. Органолептичні показники сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока

Найменування показника	Характеристика
Консистенція та зовнішній вигляд	Однорідна, щільна, злегка мазка, шаровата, без наявності крупінчатості, сироватка не відділяється
Смак і запах	Характерні сиру кисломолочному, без сторонніх присмаків і запахів
Колір	Білий, рівномірний за всією масою

Вищезначене диктує актуальність розробки та запровадження технології кулінарної продукції на основі сиру кисломолочного, одержаного шляхом керованої коагуляції білків молока, виробництво яких дасть змогу підвищити ефективність технологічного процесу, запропонувати споживачеві напівфабрикати високого ступеня готовності з високою харчовою та біологічною цінністю, тривалим терміном зберігання, розширити асортимент та покращити забезпечення населення України високоякісною кулінарною продукцією.

### Висновки

Узагальнюючи вищевикладене, слід зазначити, що сьогодні продовжуються роботи, спрямовані на коректне поєднання наукових аспектів з питань капсулювання, структурування гідрофільних і гідрофобних речовин, розробку нових методів капсулоутворення багатофазових систем, застосування контрольованого впливу на хімічний склад сировини, детальне наукове вивчення взаємовпливу функціональних речовин, контрольованій їх «доставці» до визначених зон шлунково-кишкового тракту, створення нових товарних форм, зручних у використанні, що сприятиме спрощенню системи доставки їх за місцем призначення, можливої оптимізації виробництва кулінарної продукції, борошняних, кондитерських виробів, лікарських засобів для забезпечення населення України високоякісними продуктами харчування щоденного вжитку.

### Література

1. Ruiz-Núñez B. Lifestyle and nutritional imbalances associated with Western diseases: causes and consequences of chronic systemic low-grade inflammation in an evolutionary context / B. Ruiz-Núñez // *The Journal of nutritional biochemistry*. — 2013. — Т. 24. — # 7. — P. 1183—1201.
2. Popkin B.M. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries / B.M. Popkin, L.S. Adair, S.W. Ng // *Nutrition reviews*. — 2012. — Т. 70. — # 1. — P. 3—21.

3. Кузнєцова І.В. Значення поліненасичених жирних кислот стевії у харчових продуктах спеціального призначення / І. В. Кузнєцова // Вісник НТУ ХП. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. — 2012. — № 17. — С. 114—117.
4. Смоляр В.І. Стан фактичного харчування населення незалежної України / В.І. Смоляр // Проблеми харчування. — 2012. — № 1—2. — С. 34—35.
5. Кривошапко О.А. Лечебные и профилактические свойства липидов и антиоксидантов, выделенных из морских гидробионтов / О.А. Кривошапко, А.М. Попов // Научно-практический журнал «Вопросы питания». — 2011. — №2. — С. 4—8.
6. Neklesa O. Technology of manufacture of innovative fat-and-oil products of increased nutritional value: monograph / O. Neklesa, Ye. Pyvovarov, Ye. Korotayeva, G. Stepankova. — Kharkiv. : FOP Rohozhnikov A., 2016. — 91 p.
7. Олійник С.Г. Продукти переробки зародків вівса та кукурудзи як перспективна сировина в технології хлібобулочних виробів / С.Г. Олійник, Г.В. Степанькова, О.І. Кравченко // Харчова наука і технологія. — 2015. — Т. 9, № 3. — С. 62—68.
8. Dikhtyar A. Research of high oleic sunflower oil properties under the hydrothermal effect / A. Dikhtyar, N. Fedak, N. Murlikina // Ukrainian Food Journal. — 2016. — Vol. 5, Is.1. — P. 70—79.
9. Діхтярь А.М. Технологія продукції із заварного тіста з використанням олії соняшникової високоолеїнового типу : автореф. дис. к.т.н. : 05.18.16 / Діхтярь А.М.; МОН України. — Харків, 2017. — 23 с.
10. Marianthi Faka The effect of free  $\text{Ca}^{2+}$  on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder / Marianthi Faka, Mike J. Lewis, Alistair S. Grandison, Hilton Deeth // International Dairy Journal. — 2009. — Vol. 19, Is. 6—7. — P. 386—392.
11. Плотнікова Р.В. Підвищення термостабільності молока шляхом регулювання його сольового складу / Р.В. Плотнікова, Н.Г. Гринченко, П.П. Пивоваров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. — Харків, 2010. — Вип. 2(12). — С. 94—99.

## RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT METHODS OF VEGETABLE RAW MATERIAL PREPARATION IN THE RECIPES OF MINCED SEMI-FINISHED PRODUCTS

T. Goncharenko, O. Topchiy, I. Kyshenko  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Minced semi-finished products*  
*Meat*  
*Vegetable raw materials*  
*Cereals*  
*Flax seeds*  
*Technology upgrade*

---

**ABSTRACT**

The article presents the results of studying the possibility of using vegetable raw material such as flax seeds, grains of rice, oat and barley for producing minced semi-finished products. Different methods of the preliminary processing of vegetable raw materials and its influence on organoleptic, physico-chemical, functional-technological, structural and mechanical components of finished products were analyzed.

---

**Article history:**

Received 18.09.2017  
Received in revised form 08.10.2017  
Accepted 24.10.2017

---

**Corresponding author:**

T. Goncharenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-20

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У РЕЦЕПТУРІ ПОСІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Т.Ю. Гончаренко, О.А. Топчій, І.І. Кишенько  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено результати дослідження можливості використання рослинної сировини (насіння льону, зерен рису, вівса та ячменю) у виробництві посічених напівфабрикатів. Проаналізовано різні способи попередньої обробки рослинної сировини та її вплив на органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні та структурно-механічні показники готових виробів.*

**Ключові слова:** *посічені напівфабрикати, м'ясо, рослинна сировина, зернові, насіння льону, удосконалення технології.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні у нашій країні необхідною умовою збільшення обсягу виробництва м'ясних продуктів і поліпшення їх якості є

підвищення ефективності використання сировинних ресурсів, скорочення втрат і вдосконалення асортименту продукції, що випускається. Досить перспективним є можливість використання в складі м'ясних продуктів зернових, бобових та олійних культур завдяки їх високій харчовій цінності й специфічним функціонально-технологічним властивостям. Ці культури є джерелом ряду нутрієнтів, таких як вітаміни, мінеральні речовини, клітковина і антиоксиданти, що позитивно впливають на активізацію фізіологічних процесів в організмі людини і значною мірою сприяють підвищенню опірності організму до шкідливого впливу навколишнього середовища. І хоча деякі види борошна зазначених культур традиційно використовують у м'ясних виробках [3], реалізація вказаних завдань здебільшого ускладнюється через обмеженість відомостей про їх основні функціонально-технологічні властивості та характер взаємодії зі складовими м'ясних систем. Тому існує нагальна потреба у розробленні науково-обумовленого комплексного підходу до використання продуктів перероблення зернових, бобових та олійних культур у рецептурах м'ясних виробів з метою їх широкого застосування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із шляхів підвищення харчової цінності м'ясних посічених напівфабрикатів є використання в їхньому виробництві нетрадиційної сировини [1; 7]. Натепер розроблені і науково обґрунтовані рецептури і технології м'ясних напівфабрикатів різного термічного стану з використанням сировини тваринного і рослинного походження. Вітчизняна рослинна сировина володіє високим потенціалом біологічно активних речовин, що дає змогу цілеспрямовано створювати продукти з функціональними властивостями, а також розширювати асортимент м'ясних виробів, підвищувати їхню харчову і біологічну цінність. Одним із таких видів сировини є насіння льону, джерело цінних біологічно активних речовин [4]. Насіння льону багате на білок (близько 25%) та жир (30—48%), що містить 35—45% гліцеридів ліноленої кислоти, 25—35% лінолевої, 15—20% олеїнової кислот та незначну кількість гліцеридів пальмітинової та стеаринової кислот. Ненасичені жирні кислоти (ліноленова та ліолева) є джерелом утворення в організмі біологічно активних речовин — простагландинів. Їм надають важливого значення у регуляції різних фізіологічних функцій та у підтриманні гомеостазу. Насіння льону є джерелом цінних білків, які використовуються у вигляді борошна, білкових ізолятів і концентратів. Крім того, в насінні льону виявлено вуглеводи (12—26%), органічні кислоти та амінокислоти, глікозид лінамарин (1,5%), вітаміни А, Е, слиз (до 5—12%) [4; 5].

Дослідження українських і зарубіжних авторів показали перспективність використання в технології комбінованих м'ясних виробів продуктів перероблення зернових культур, які забезпечують високу харчову і біологічну цінність виробів, покращують органолептичні та структурно-механічні властивості, сприяють мінімізації втрат у процесі виробництва, що в кінцевому підсумку призводить до створення продукту стабільної якості [10]. Зерно містить найбільш цінні природні компоненти, такі як амінокислоти, окремі вітаміни, кальцій, фосфор, залізо, йод тощо. Зернові культури за обсягом виробництва переважають у структурі виробництва продукції рослинництва України, у зв'язку з чим інтерес до розширення сфери технологічного вико-

ристання цього виду сировини постійно зростає. Технологія м'ясних продуктів із зерновими добавками відповідає концепції здорового харчування, має технологічні й економічні передумови для виробничої реалізації [1].

Відомо, що борошно із зерна круп'яних культур (рису, гречки, проса, вівса, ячменю та ін.) володіє цінними фізіологічними властивостями порівняно з борошном із традиційних хлібних культур. Борошно круп'яних культур багате на вміст найбільш цінних природних компонентів, у тому числі амінокислот, окремих вітамінів, кальцію, фосфору, заліза, йоду, а також бетаглюканату, що знижують рівень холестерину. Однією з найбільш популярних і другою культурою за обсягом виробництва зернових є крупа з рису. Рисове зерно містить повноцінний білок (7...10%), крохмаль (66...70%), має високу здатність до набухання. В рисовому борошні наявний кремній, що сприяє процесам обміну речовин у людському організмі. Крім того, в ньому міститься відносно велика кількість біотину, а також інші мікроелементи, що мають важливе медико-біологічне значення.

Одними з найкорисніших злаків вважаються ячмінь та овес. Хімічний склад продуктів переробки вівса відрізняється оптимальним співвідношенням вуглеводів (з них 36,5% крохмалю), білків (10%), жирів (6,2%) і клітковини. Слід відмітити також набір мікроелементів: хром, цинк, кремній, калій, мідь, селен, бор, вольфрам, йод. Ячмінь містить багато крохмалю і відносно багато сирого протеїну — до 12%. При цьому білкові речовини ячменю багаті на незамінні амінокислоти. Так лізину в ньому більше, ніж у будь-яких інших зернових культур. У 2006 р. адміністрація США з питань харчів і лікарських засобів (U.S. Food and Drug Administration — FDA) віднесла харчові продукти, які містять зерно ячменю, до таких, що знижують ризик хвороби коронарних судин серця. FDA розглядає ячмінь як продукт функціонального харчування.

У результаті цілої серії досліджень, виконаних у різних лабораторіях світу, було встановлено, що саме певні типи вуглеводів їжі із зерна злаків, і особливо ячменю, відіграють надзвичайно важливу роль як у вуглеводному, так і жировому метаболізмі організму людини. Була накопичена широка експериментальна доказова база, яка свідчить про те, що клітковина зерен ячменю і вівса, проникаючи в людський організм з їжею, призводить до суттєвого зниження вмісту холестерину в сироватці крові. [8]

**Мета дослідження:** обґрунтування доцільності використання борошна з насіння льону, зерен вівсу, рису і ячменю у технології посічених напівфабрикатів; пошук, дослідження та аналіз різних способів попереднього оброблення рослинної сировини та встановлення їх впливу на функціонально-технологічні, структурно-механічні та органолептичні показники готових виробів.

**Матеріали і методи.** Дослідні зразки посічених напівфабрикатів були виготовлені на основі модельного фаршу «Домашній», рецептура якого передбачає вміст м'ясної сировини: яловичини 1 гатунку і свинини напівжирної [9]. Як рослинну сировину було обрано насіння льону, зерна рису, вівса та ячменю. Внесення дослідної рослинної сировини до модельного фаршу здійснювали такими способами:

I — борошно у сухому вигляді;

II — подрібнення зерен з подальшою гідратацією;



III — подрібнення зерен з подальшим термічним обробленням (варіння);

IV — спосіб отримання концентрованого продукту, що включає такі етапи: подрібнення зерен, гідратація та настоювання протягом 20—30 хвилин з періодичним перемішуванням, тонке подрібнення, автоклавування під тиском 0,25—0,35 АТ, за температури 106,6° С протягом 30 хв, охолодження, фільтрування.

На основі даних щодо ефективності зв'язування вологи подрібненими зернами дослідних зернових культур було встановлено, що оптимальний ступінь гідратації досягається при додаванні води у такому співвідношенні: овес — 1:5, льон і рис — 1:7, ячмінь — 1:8 [6].

Визначення вмісту білкових речовин проводили за методом К'єдаля. Значення рН, вологозв'язуючу здатність і пластичність визначали за традиційними методиками.

**Результати і обговорення.** В результаті органолептичної оцінки було встановлено, що до складу розроблених рецептур напівфабрикатів доцільно вводити 10...15% продуктів перероблення (рослинних компонентів) зернових культур. Рецептури дослідних зразків посічених напівфабрикатів наведено у табл. 1. Також було встановлено, що при внесенні до складу фаршу посічених напівфабрикатів борошна в сухому вигляді (спосіб I) відбувається його нерівномірний розподіл, що призводить до погіршення органолептичних показників, зниження пластичності фаршу та підвищення його крихкості, що негативно впливає на якість готового продукту. Тому такий спосіб було виключено з подальших досліджень.

*Таблиця 1. Рецептури посічених напівфабрикатів*

Сировина	Варіант рецептури											
	З додаванням продуктів переробки льону			З додаванням продуктів переробки вівса			З додаванням продуктів переробки рису			З додаванням продуктів переробки ячменю		
	1.2	1.3	1.4	2.2	2.3	2.4	3.2	3.3	3.4	4.2	4.3	4.4
Кількість основної сировини, % на 100 кг												
Свинина н/жирна	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Яловичина	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Льон	15	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Овес	—	—	—	15	15	15	—	—	—	—	—	—
Рис	—	—	—	—	—	—	15	15	15	—	—	—
Ячмінь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	15	25
Яйця курячі	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Цибуля ріпчаста свіжа	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Морква	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Вода	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Хліб пшеничний	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Допоміжна сировина, % до основної сировини												
Сухарі панірувальні	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Сіль кухонна	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Перець чорний мелений	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Однією з найважливіших функціонально-технологічних характеристик фаршу є його вологоутримуюча здатність [2], яка визначає основні органолептичні показники готових виробів, такі як соковитість і ніжність, а також впливає на втрати при тепловому обробленні. М'ясний фарш належить до систем з коагуляційною структурою, частки якої зв'язані у суцільний каркас силами міжмолекулярної взаємодії, що і визначає його функціонально-технологічні властивості. Також відомо, що зміщення рН середовища у лужний бік від ізоелектричної точки приводить до збільшення гідратації білків (рН до 7,2). Після зростання значення рН вище, ніж 7,2, вологопоглинаюча здатність різко знижується [8]. Наші дослідження показали, що при збільшенні концентрації рослинних білків у фаршевій системі збільшується значення рН середовища у лужно-нейтральний бік, що приводить до збільшення гідратації білків (рис. 1) і, відповідно, покращення консистенції і соковитості продуктів.

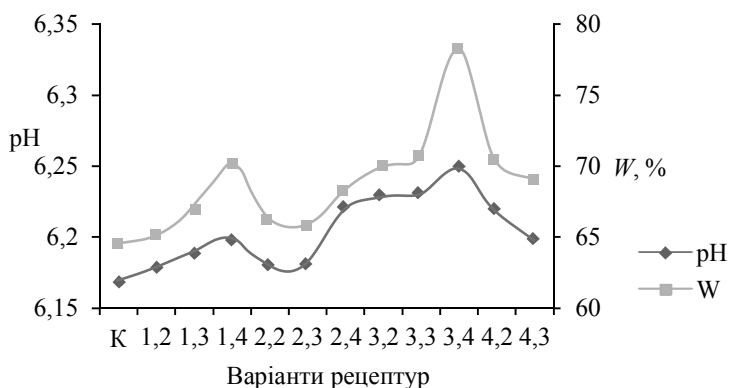


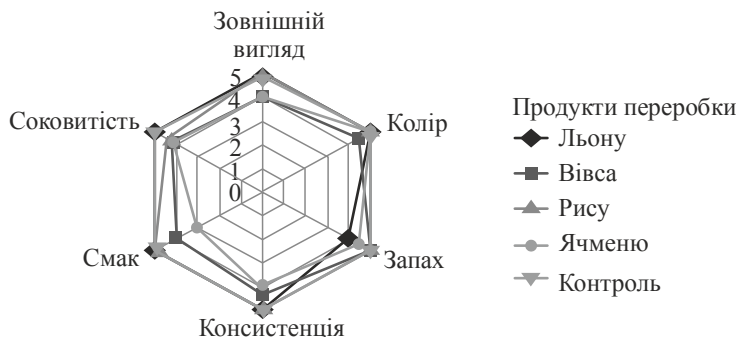
Рис. 1. Зміна вологов'язуючої здатності та рН середовища залежно від рецептурного складу напівфабрикатів

Причому зразки, до складу яких вносили рослинну сировину, що була оброблена за способом IV, показали найвищі результати. Також спостерігаємо покращення пластичності готових виробів, за рахунок чого вони стають менш крихкими та більш однорідними (табл. 2).

Таблиця 2. Функціонально-технологічні показники посічених напівфабрикатів,  $M \pm m$

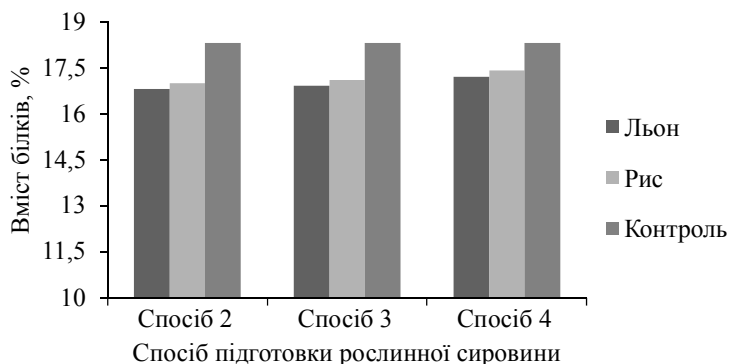
Рецептура	Вміст води, %	ВЗЗм, %	рН	Пластичність, $\text{cm}^2/\text{g}$
1,2	53,50±0,10	65,00±0,80	6,16	8,2±0,13
1,3	60,40±0,58	67,00±0,35	6,15	8,4±0,11
1,4	59,23±0,10	70,15±0,80	6,15	8,8±0,12
2,2	52,39±0,80	66,26±0,10	6,17	8,5±0,14
2,3	55,00±0,10	65,80±0,70	6,20	8,3±0,12
2,4	57,45±0,90	68,22±0,40	6,17	8,6±0,16
3,2	63,40±0,45	69,89±0,51	6,16	8,6±0,13
3,3	63,20±0,26	70,70±0,10	6,20	8,5±0,11
3,4	69,86±0,23	78,44±0,62	6,15	8,8±0,10
4,2	65,13±0,75	70,36±0,45	6,19	8,9±0,14
4,3	62,20±0,30	69,20±0,12	6,17	9,3±0,16
4,4	66,90±0,30	70,70±0,23	6,20	9,5±0,13
Контроль	50,79±0,70	64,70±0,20	6,17	8,1±0,11

Результати органолептичного оцінювання показали, що зразки, які містять один і той самий рослинний компонент, але отримані різними способами його попереднього оброблення, практично не відрізняються за якісними показниками між собою. Тому профілограму якості дослідних зразків посічених напівфабрикатів склали, не враховуючи спосіб попереднього оброблення рослинної сировини (рис. 2).



**Рис. 2. Профілограма оцінки якості досліджуваних зразків посічених напівфабрикатів**

Для визначення впливу способу попереднього оброблення рослинної сировини на відсотковий вміст білків у фарші посічених напівфабрикатів відбирали зразки фаршу, що за своїми якісними показниками мали найвищі результати — зразки з додаванням продуктів переробки льону та рису (рис. 3).



**Рис. 3. Вміст білків у зразках посічених напівфабрикатів залежно від способу попереднього оброблення рослинних компонентів**

Результати дослідження показали, що внесення рослинних компонентів до фаршу посічених напівфабрикатів дещо знижує вміст білка порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється частковою заміною м'ясної сировини продуктами рослинного походження, що містять менший відсоток білка. Але в той же час можна зробити висновок, що спосіб попередньої підготовки рослинної сировини має вплив на вміст білка у фарші, зокрема, зразки напівфабрикатів, до складу яких вносили насіння льону та зерна рису, підготовлені за способом IV, мали більш високий вміст білка, що є перспективною темою для подальших досліджень.

### Висновки

У статті досліджено можливість застосування різних способів попереднього оброблення рослинних компонентів, таких як насіння льону, зерна рису, вівса та ячменю, для подальшого внесення їх до складу фаршу посічених напівфабрикатів з метою покращення основних технологічних показників розроблених продуктів. Експериментально встановлено, що спосіб, який включає подрібнення зерен, гідратацію та настоювання протягом 20—30 хвилин з періодичним перемішуванням, тонке подрібнення, термообробку в автоклаві під тиском 0,25—0,35 АТ, за температури 106,6° С протягом 30 хв та фільтрування, сприяє покращенню функціонально-технологічних показників посічених напівфабрикатів та в цілому підвищує якість готових продуктів і, таким чином, є перспективним напрямом подальших досліджень.

### Література

1. Антипова Л.В. Инновационные технологии производства рубленых полуфабрикатов / Л.В. Антипова, В.В. Прянишников // Вестник Воронежской государственной технологической академии. — 2010, — № 3. — С. 96—99.
2. ДСТУ 4424:2005. М'яса промисловість виробництво м'ясних продуктів. Терміни та визначення понять. — Київ : Держспоживстандарт України, 2005. — 32 с.
3. ДСТУ 4437:2005. Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови. — Київ : Держспоживстандарт України, 2006. — 24 с.
4. Манжесов В.И. Возможности использования нетрадиционного растительного сырья на пищевые цели / В.И. Манжесов, Е.Е. Курчаева, В.В. Сторожик // Хранение и переработка сельхозсырья. — Воронеж, 2008. — № 5. — С. 58—62.
5. Плаксин Ю.М. Совместное экстрагирование растительного сырья [Текст] / Ю.М. Плаксин [и др.]; Московский государственный университет пищевых производств // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2014. — № 3. — С. 23—25.
6. Подпрятков Г.І. та ін. Зберігання і переробка продукції рослинництва Навчальний посібник. — Київ : Мета, 2002. — 495 с.
7. Прянишников В.В. Инновационные технологии / В.В. Прянишников // World Meat Technologies, 2011. — № 5—6. — С. 26—29.
8. Рибалка О.І. Цінні харчові альтернативи: ячмінь та шавлія / О.І. Рибалка // Агробізнес сьогодні. — 2013. — № 22(269). — С. 20—24.
9. Рогов И.А. Технология мяса и мясных продуктов / Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. / Книга 1. Общая технология мяса. — Москва : КолосС, 2009. — 565 с.
10. Шалимова О.А. Комбинированные полуфабрикаты из мяса и растительных ингредиентов / О.А. Шалимова, И.П. Горлов // Мясная индустрия. — 2007. — № 7. — С. 39—40.

**THE EFFECT OF MECHANOLYSIS ON ACTIVATION OF HARDLY SOLUBLE NANOCOMPLEXES OF HETEROPOLYSACCHARIDES DURING THE DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES OF HERBAL ADDITIVES**

R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, K. Balabai, O. Pogarskiy, T. Stukonozenko, J. Kakadiy

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

**Key words:**

*Non-enzymatic catalysis  
Nanocomplexes of  
heteropolysaccharides  
Nanotechnologies  
Fruits  
Vegetables*

**Article history:**

Received 16.09.2017  
Received in revised form  
03.10.2017  
Accepted 21.10.2017

**Corresponding author:**

R. Pavlyuk  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

The purpose of the work is to study the influence of the complex action of cryogenic freezing or steam-thermal treatment and non-enzymatic catalysis-mechanolysis during the fine-dispersed grinding on the activation of inactive (hidden) forms of hardly soluble nanocomplexes of heteropolysaccharides with biopolymers and their transformation into the soluble nanoform during the processing of fruits, berries and vegetables; to develop nanotechnology of additives in the form of puree and powders. It is determined that activation and more complete extraction (3.6...4.8 times more) of pectins from the bound (hidden) form into a free condition of frozen (or heat-treated) fruits and vegetables occur due to the mentioned processes. It is shown that a considerable part of pectins is in the soluble form (as much as 70%) in nanoadditives. It is revealed that the mechanism of these processes is connected with mechanocracking, mechanical and cryogenic destruction. The quality of fruit and vegetable nanopuree exceeds the world-known analogues and start raw materials by the content of biologically active substances. Nanotechnologies of puree and technical specifications (the projects) for the manufacture and products for healthy nutrition based on fruit and vegetable nanoadditives, in particular for confectionary, extruded products and nano-beverages are developed.

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-21

**ВПЛИВ МЕХАНОЛІЗУ НА АКТИВАЦІЮ ВАЖКОРОЗЧИННИХ НАНОКОМПЛЕКСІВ ГЕТЕРОПОЛІСАХАРИДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ НАНОТЕХНОЛОГІЙ РОСЛИННИХ ДОБАВОК**

Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, К.С. Балабай, О.С. Погарський, Т.А. Стуконоженко, Ю.П. Какадій

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті вивчено вплив комплексної дії процесів криогенного заморожування або паротермічної обробки та неферментативного каталізу — механолізу*

при дрібнодисперсному подрібненні на активацію неактивних прихованих форм важкорозчинних нанокомплексів гетерополісахаридів із біополімерами та їх трансформації в розчинну наноформу під час переробки фруктів, ягід та овочів і розробка нанотехнології добавок у формі пюре й порошків. Встановлено, що відбувається активація та більш повне вилучення пектинових речовин із зв'язаної прихованої форми у вільний стан (у 3,6...4,8 рази більше) заморожених (або термооброблених) плодів та овочів. Показано, що значна частина пектинових речовин у нанодобавках знаходиться в розчинній формі (до 70%). Розкрито механізм даних процесів, який зв'язаний з механокрекінгом, механо- та кріодеструкцією. Якість нанопюре з плодів та овочів за вмістом біологічно активних речовин перевищує відомі світові аналоги та свіжу сировину. Розроблені нанотехнології пюре і ТУ (проекти) на їх виробництво й продукти для здорового харчування на основі плодоовочевих нанодобавок, зокрема начинок для кондитерських виробів та екструдованих продуктів і нанопаїв.

**Ключові слова:** *неферментативний каталіз, нанокомплекси гетерополісахаридів, нанотехнології, плоди, овочі.*

**Постановка проблеми.** Дослідження присвячене розробці нового способу глибокої переробки фруктів, ягід та овочів, заснованого на використанні комплексної дії неферментативного каталізу-механолізу при дрібнодисперсному подрібненні термообробленої або замороженої пектинвмісної рослинної сировини, який дає змогу більш повно вилучити з неї важкозасвоювані речовини — пребіотики (пектин, целюлозу, інулін та ін.) й трансформувати їх у легкозасвоювану форму.

На сьогодні глобальною проблемою в міжнародній практиці є дефіцит у раціонах харчування вітамінів, каротину, мінеральних речовин, білків і пребіотиків — неперетравлюваних компонентів їжі, зокрема, пектинових речовин, целюлози, інуліну та ін. [1—3; 9; 11]. Потреба в них у населення України та інших країнах світу задовольняється всього на 50%. Спостерігається також незбалансованість у раціонах харчування: дефіцит молока, м'яса, риби, фруктів та ягід, тобто тих продуктів, які сприяють зміцненню імунітету населення. Відомо, що 50% населення Землі голодує. У зв'язку з цим у багатьох країнах світу існують програми, у межах яких створюється і вже налагоджено промисловий випуск багатьох синтетичних харчових продуктів (зокрема м'яса, молока, овочів, борошна, круп тощо). Крім того, на всій Землі спостерігається погіршення екологічної ситуації та зниження імунітету населення. Тому в багатьох країнах світу великою популярністю користуються функціональні оздоровчі продукти (особливо із фруктів, ягід, овочів), які сприяють зміцненню здоров'я. Цій проблемі сьогодні приділяється багато уваги в наукових працях. Особливо актуальним і перспективним є використання традиційних фруктів, ягід та овочів. Відомо, що вони користуються популярністю у населення багатьох країн світу, в тому числі й України, і виділяються серед іншої рослинної сировини високим вмістом біофлавоноїдів, таких як кверцетин, рутин, урсолова кислота та ін., які мають

імуномодулюючу, антиоксидантну, протипухлинну, детоксикуючу дію і значно підвищують захисні сили організму. Крім того, вони відрізняються високим вмістом пектинових речовин, целюлози, які є пребіотиками і сприяють розвитку здорової мікрофлори кишечника та мають детоксикуючі властивості, тобто допомагають очищенню організму людини від шлаків і різних токсичних речовин, які є в харчових продуктах.

Труднощі під час переробки і споживання яблук та абрикосів пов'язані з тим, що значна частина молекул пектинових речовин (як біофлавоноїдів, так і вітамінів, каротиноїдів та інших речовин) знаходиться в них у неактивній прихованій, зв'язаній формі в наноконкомплексах і наносоціатах з іншими біополімерами і біологічно активними речовинами. У зв'язку з цим їх важко вилучити в розчинну форму в процесі переробки сировини та під час споживання — в шлунку людини.

Дослідження спрямоване на вирішення проблеми дефіциту в Україні нанотехнологій натуральних рослинних пектинвмісних гідроколоїдних добавок із високими желуючими властивостями, що одночасно є носіями пребіотиків, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Потреба в останніх під час виробництва харчової продукції в Україні складає близько 1 млн тонн на рік [6—8]. На сьогодні в Україні відсутнє вітчизняне виробництво пектину та високоякісних натуральних добавок у формі порошків, пюре та паст із плодово-овочевої пектинвмісної сировини, які одночасно є пребіотиками і носіями БАР [1—3; 6; 9]. Такі добавки необхідні для створення продуктів оздоровчого харчування. Відомо, що значна частина біополімерів, зокрема пектину, білка, целюлози, знаходиться у фруктах у неактивній формі, зв'язаній у рослинній клітині в наноконкомплекси з іншими біополімерами, мінеральними речовинами та майже не засвоюються організмом людини [2; 7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз наукових літературних даних за останні 10 років показав, що сьогодні в міжнародній практиці існує два основних способи інтенсифікації під час глибокої переробки пектинвмісних плодів та овочів: перший і найбільш розповсюджений — це обробка сировини пектолітичними та цитолітичними ферментними препаратами [3—5]. Другий — більш перспективний спосіб — це кріогенна обробка сировини з використанням рідкого та газоподібного азоту. Перший спосіб не дуже себе виправдав. Щодо другого способу, який стосується впливу кріогенних низьких температур під час заморожування та подрібнення на якість сировини, БАР, біополімери, літературних даних дуже мало, вони мають суперечливий характер. Цей напрямок технології вивчений недостатньо [4; 10; 12].

Відомо також, що традиційні методи переробки рослинної сировини призводять до значних втрат вітамінів та інших БАР, біополімерів і неповного використання біологічного потенціалу сировини. У зв'язку з цим в міжнародній практиці гостро стоїть проблема розробки високих технологій, зокрема нанотехнологій, які можуть зробити процес обробки харчової сировини більш ефективним з максимальним збереженням цінних БАР і поживних речовин, збільшити вилучення цільових компонентів, запровадити ресурсозберігаючі процеси, безвідходні технології та менш енергоємні процеси [6; 7—8].

При розробці нанотехнологій як інновацію було запропоновано використовувати комплексну обробку пектинвмісної сировини (фруктів, ягід та овочів), зокрема паротермічну обробку (або кріогенне заморожування) та неферментативний каталіз — механоліз на наноасоціати та наноконплекси високомолекулярних біополімерів (гетерополісахаридів, білків та ін.) під час отримання дрібнодисперсних добавок із фруктів, ягід і овочів. Це дало змогу розробити новий спосіб отримання дрібнодисперсних добавок із плодоовочевої сировини (у формі пюре і порошоків) з якісно новими споживчими властивостями, ніж у вихідній сировині, які неможливо отримати, використовуючи традиційні методи. На основі останніх розроблено широкий асортимент натуральних продуктів для оздоровчого харчування (начинок для кондитерських виробів, нанопаїв, наносорбетів, концентратів та ін.). Досліджень в Україні у цьому напрямі практично немає.

**Мета статті:** вивчення впливу комплексної дії процесів кріогенного заморожування або паротермічної обробки та неферментативного каталізу — механолізу при дрібнодисперсному подрібненні на активацію неактивних прихованих форм важкорозчинних наноконплексів гетерополісахаридів із біополімерами та їх трансформації в розчинну наноформу під час переробки фруктів, ягід та овочів, а також нанотехнології добавок у формі пюре та порошоків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчити вплив паротермічної обробки, кріогенного «шокового» заморожування та неферментативного каталізу при дрібнодисперсному подрібненні на активацію й вилучення пектинових речовин із прихованої неактивної форми (із зв'язаного стану в наноконплексах з іншими біополімерами та БАР) у вільний стан;

- вивчити вплив паротермічної обробки (або заморожування), неферментативного каталізу й механодеструкції на пектинові речовини та їх трансформацію в розчинну форму;

- вивчити ІЧ-спектри, вміст біологічно активних речовин (фенольних сполук, дубильних речовин,  $\beta$ -каротину, L-аскорбінової кислоти та пребіотиків) наноструктурованих добавок із плодів та овочів в формі заморожених пюре, отриманих за нанотехнологією;

- розробити нанотехнологію заморожених дрібнодисперсних добавок із плодів та овочів з використанням кріогенного «шокового» заморожування та неферментативного каталізу при дрібнодисперсному подрібненні, вивчити їх якість та вміст БАР, розробити проект НД, провести апробацію в промислових умовах.

**Викладення основних результатів дослідження.** Дослідження проведено в Харківському державному університеті харчування та торгівлі (ХДУХТ) на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока на базі науково-дослідної лабораторії, яка є на кафедрі Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів. Роботу виконано з використанням для кріогенного «шокового» заморожування сучасного оригінального обладнання, яке є на кафедрі ХДУХТ — кріогенного заморожувача з програмним забезпеченням, в якому як холодогент та інертне середовище використовували рідкий і газоподібний азот. При цьому температура в швидко-



морозильній камері становила  $-60^{\circ}\text{C}$ . Продукти заморожували з різними високими швидкостями (2, 5,  $10^{\circ}\text{C/хв}$ ) до кінцевої температури:  $-32^{\circ}\text{C}$ ...  $-35^{\circ}\text{C}$ . Для подрібнення використовували низькотемпературний подрібнювач («SIRMAN», Італія).

Паротермічну обробку зразків яблук, абрикосів і гарбуза проводили в пароконвекційній печі («Unox», Італія) за таких режимів: температура в пароконвекційній печі —  $105^{\circ}\text{C}$ , в продукті —  $70...75^{\circ}\text{C}$ , режим пароутворення — 100%, що відповідає максимальній кількості пари. Дрібнодисперсне подрібнення проводили в кутері (Robot Coupe, Франція).

У дослідженнях використовували плодоовочеву сировину з різними важкорозчинними гетерополісахаридними наноконкомплексами: яблука, топінамбур, моркву, гарбуз, абрикоси, ягоди чорної смородини, шпинат та дрібнодисперсні добавки з них у формі пюре, паротермічно оброблених або криозаморожених, та порошки, які контролювались за допомогою хімічних і спектроскопічних досліджень. Головним під час розробки нанотехнологій дрібнодисперсних добавок із плодів та овочів із використанням неферментативного каталізу було не тільки зберегти всі БАП, а й збільшити ступінь вилучення з сировини прихованих (зв'язаних) форм пектинових речовин та БАП із наноконкомплексів та наноасоціатів з іншими полісахаридами, білками та ін., в розчинну форму, розкрити механізми перерахованих процесів.

Встановлено, що за комплексної дії на рослинну сировину (яблук та абрикосів) криогенного «шокового» заморожування з різними високими швидкостями до  $t = -32...-35^{\circ}\text{C}$  або паротермічної обробки (в пароконвектоматі) протягом 10 хвилин при зазначених режимах із подальшим дрібнодисперсним подрібненням відбувається активація і значне вилучення пектинових речовин із неактивної, зв'язаної з іншими біополімерами в наноконкомплексах у вільний стан (у 3,6—4,8 разів) (табл. 1, рис. 1). Так, при заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні яблук загальна кількість пектинових речовин збільшується в 4,5...4,8 разів, при паротермічній обробці та дрібнодисперсному подрібненні — в 3,6...3,9 разів більше, ніж у вихідній сировині. Винятком є заморожене нанопюре з топінамбура, загальна кількість пектину в якому збільшується в 3,4 рази. Це, очевидно, пов'язано з його архітектонікою та хімічним складом.

**Таблиця 1. Вплив криогенного «шокового» заморожування (або паротермічної обробки) та неферментативного каталізу при дрібнодисперсному подрібненні плодів та овочів на активацію важкорозчинних наноконкомплексів пектинових речовин з целюлозою та білком і їх трансформація у розчинну форму**

Сировина	Загальна кількість пектинових речовин		Протопектин		Розчинний пектин		Органічні кислоти	
	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свіжі яблука (сорт Семеренко)	1,5	100,0	0,7	100,0	0,8	100,0	0,8	100,0
Заморожені яблука	2,5	166,6	1,1	157,2	1,4	175,0	1,1	137,5

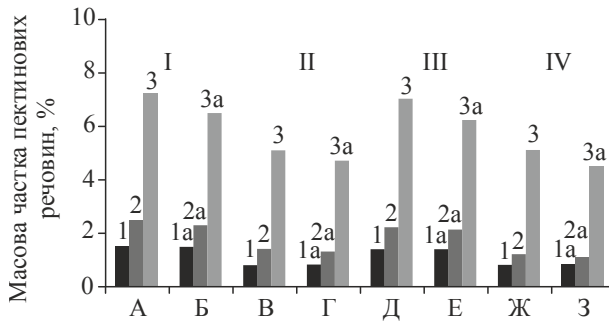
## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заморожене дрібнодисперсне пюре з яблук	7,2	480,0	2,1	300,0	5,1	637,5	1,4	175,2
Термооброблені яблука	2,3	153,3	1,0	144,0	1,3	162,5	1,2	150,0
Термооброблене дрібнодисперсне пюре з яблук	5,9	393,3	1,2	171,4	4,8	600,0	1,3	162,5
Свіжі абрикоси	1,6	100,0	0,6	100,0	0,8	100,0	1,0	100,0
Заморожені абрикоси	2,4	150,0	1,0	166,6	1,2	150,0	1,2	120,0
Заморожене дрібнодисперсне пюре з абрикосів	7,2	450,0	1,9	316,6	5,1	637,6	1,5	150,0
Термооброблені абрикоси	2,3	144,0	1,0	166,6	1,1	140,2	1,3	130,6
Термооброблене дрібнодисперсне пюре з абрикосів	5,8	362,5	1,6	266,6	4,1	512,5	1,4	140,0
Свіжий шпинат	1,3	100,0	0,5	100,0	0,7	100,0	0,6	100,0
Заморожений шпинат	2,1	161,5	0,9	180,0	1,3	185,7	0,8	133,0
Заморожене дрібнодисперсне пюре із шпинату	5,9	454,5	1,0	200,0	5,1	728,5	1,0	166,6
Свіжа чорна смородина	1,6	100,0	0,6	100,0	0,8	100,0	6,2	100,0
Заморожена чорна смородина	3,0	187,5	1,0	166,0	1,6	200,0	7,0	112,0
Заморожене дрібнодисперсне пюре з чорної смородини	7,4	462,5	1,6	266,6	4,9	612,5	9,6	154,8
Свіжі лимони з цедрою	1,8	100,0	0,9	100,0	0,9	100,0	10,5	100,0
Заморожені плоди лимонів з цедрою разом	3,6	200,0	1,4	155,5	1,8	200,0	12,5	119,0
Заморожене дрібнодисперсне пюре з лимонів з цедрою	7,8	433,3	2,0	222,0	5,2	577,7	15,6	148,5
Гарбуз свіжий	1,0	100,0	0,3	100,0	0,7	100,0	0,6	100,0
Нанопюре заморожене з гарбуза	4,5	450,0	0,6	200,0	3,2	450,0	1,0	166,6
Топінамбур свіжий	1,9	100,0	1,2	100,0	0,7	100,0	0,5	100,0
Нанопюре заморожене з топінамбура	6,5	342,0	2,0	166,6	4,5	642,5	0,8	160,0

Аналогічні закономірності відбуваються і під час такої ж обробки абрикосів. Так, при замороженні та дрібнодисперсному подрібненні вилучається загаль-

ного пектину в 4,5...4,8 раза більше, під час паротермічної обробки і дрібнодисперсного подрібнення — в 3,6...3,9 раза більше. Показано також, що з прихованих форм вилучається як протопектин, так і розчинні пектинові речовини (в 2,5...3 рази більше). Виявлено, що при переробці різних плодів та овочів значна частина пектинових речовин, зокрема протопектину, трансформується в розчинний пектин: при паротермічній обробці — в 5,1...6 разів більше, при криогенній обробці в 6,1...7,3 раза більше, ніж у вихідній сировині (табл. 1, рис. 1).



**Рис. 1. Вплив заморожування (або паротермічної обробки) і дрібнодисперсного подрібнення яблук (I, II) та абрикосів (III, IV) на трансформацію важкорозчинних пектинових речовин у вільну та розчинну форму:** 1 — свіжі плоди, 2 — заморожені, 3 — заморожені та дрібнодисперсно подрібнені; 1a, 2a, 3a — свіжі плоди, термооброблені, паротермічно оброблені та дрібнодисперсно подрібнені; загальний пектин — А, Б, Д, Е, розчинний пектин — В, Г, Ж, З

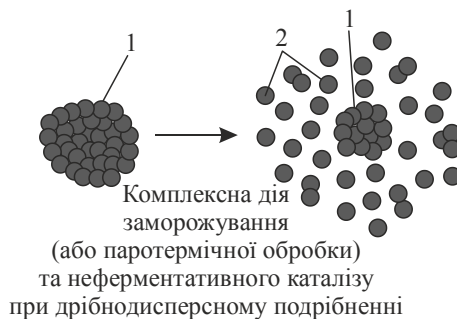
Показано, що значна частина пектинових речовин у нанопорі знаходиться в розчинній формі (до 70%), що сприяє збільшенню желуючих властивостей отриманих пюре з яблук і абрикосів.

Отже, що як під час заморожування, дрібнодисперсного подрібнення яблук, абрикосів, так і за комплексної дії паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, відбувається більш повне вилучення важкорозчинних пектинових речовин із зв'язаного стану з макромолекулами інших полісахаридів, білків і мінеральних речовин у вільну активну форму (відповідно під час заморожування в 4,5...4,8 раза більше, ніж у вихідній сировині, за паротермічної обробки — в 3,6...3,9 раза). Паралельно відбувається неферментативний каталіз важкорозчинних пектинових речовин до окремих мономерів, тобто вони трансформуються в розчинну легкозасвоювану форму. Аналогічні закономірності отримані і при заморожуванні та низькотемпературному подрібненні лимонів із цедрою, гарбуза, шпинату, чорної смородини, топінамбура (табл. 1).

Механізм цього процесу пов'язаний з механо- та криодеструкцією й механокрекінгом складних наноконкомплексів і вивільненням із прихованої форми пектинових речовин у розчинну легкозасвоювану форму (рис. 2).

При цьому відбувається неферментативний каталіз (руйнування) — механоліз, механокрекінг водневих та іонних зв'язків у наноконкомплексах. Паралельно відбувається також трансформація протопектину в галактуронову

кислоту. Про це свідчить і значне збільшення органічних кислот (на 30...70%) порівняно з вихідною сировиною.



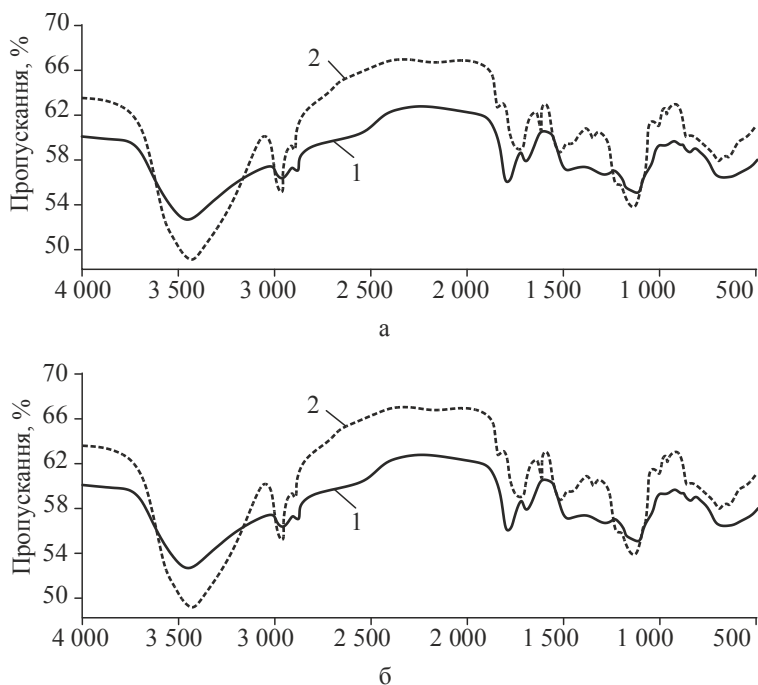
**Рис. 2. Схематичне представлення механізму впливу комплексної дії заморожування (або паротермічної обробки) та неферментативного каталізу при дрібнодисперсному подрібненні під час переробки плодів та овочів на молекулу біополімеру важкорозчинного гетерополісахариду пектину з відокремленням мономерів галактуронової кислоти і трансформацією в легкозасвоювану форму:**

1 — біополімер пектину; 2 — галактуронова кислота

Отримані хімічними методами результати впливу заморожування із застосуванням рідкого азоту та низькотемпературного подрібнення на механодеструкцію пектинових речовин, зв'язаних у наноконплеси з іншими біополімерами та БАР, і перехід у вільну форму й механодеструкцію самих пектинових речовин до мономерів яблук та абрикосів були підтверджені методами спектрального аналізу під час вивчення ІЧ-спектрів (рис. 3).

Порівняння ІЧ-спектрів замороженого дрібнодисперсного пюре з плодової сировини (яблук та абрикосів) і свіжої вихідної сировини показало, що в області частот від 3200 до 3650  $\text{см}^{-1}$ , характерних для валентних коливань функціональних груп ОН, що беруть участь в утворенні внутрішньомолекулярних і міжмолекулярних водневих зв'язків, які входять до складу вільної і зв'язаної вологи, комплексів біополімер-БАР, таких як фенольних сполук, дубильних речовин, цукрів та інших БАР, відбувається зменшення інтенсивності спектрів. Це свідчить про руйнування міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, деструкцію наноконплесів біополімерів, зокрема пектинових речовин з іншими біополімерами та низькомолекулярними БАР, дезагрегацію та механоліз біополімерів або їх асоціатів і наноконплесів.

Крім того, спостерігається збільшення інтенсивності спектрів в області частот  $\nu = 2900...1600 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu = 1750...1720 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu = 1470...1355 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu = 550...450 \text{ см}^{-1}$ , характерних для валентних коливань груп  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{NH}_3^+$ ,  $\text{CO}$ , а також ненасичених подвійних зв'язків. Це свідчить про збільшення після механічного подрібнення впливу масової частки і переходу низькомолекулярних БАР (фенольних сполук, аскорбінової кислоти та ін.) із зв'язаного з біополімерами стану у вільний, а також про трансформацію частини біополімерів (наприклад, пектинових речовин) у їх мономеру (галактуронову кислоту), що підтверджують дані, отримані хімічними методами.



Валентні коливання груп, $\text{cm}^{-1}$				
ОН	NH	CH	S-H	-C=O
3645...2500	3500...3300	3350...2850	2600...2550	1750...1720
Валентні коливання груп, $\text{cm}^{-1}$				
C-O-	COOH	-S-S-	C=N	CH <sub>3</sub>
1300...1000	1750...1700	550...450	1230...1030	1470...1355

**Рис. 3.** ІЧ-спектри свіжих плодів (1) і заморожених дрібнодисперсних добавок із них (2), отриманих з використанням криогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного подрібнення: а — яблука, б — абрикоси

Встановлено, що комплексне використання криогенного заморожування (або паротермічної обробки в пароконвектоматі) та дрібнодисперсного подрібнення рослинної сировини (плодів та овочів) дає змогу отримати нанопюре, якість якого наближається до якості пюре, отриманого з застосуванням криогенної обробки та перевищує вихідну сировину за вмістом БАР у 2...3 рази (табл. 2). Так, наприклад, масова частка загального пектину в 100 г свіжих яблук та абрикосів, відповідно, складає 1,5 і 1,4 г в 100 г, в дрібнодисперсному пюре із паротермічно обробленої сировини — 5,8 та 5,9 г в 100 г. Його якість наближається до пюре, отриманого із застосуванням криогенного заморожування та дрібнодисперсного подрібнення. Так, вміст загального пектину в пюре з яблук та абрикосів становить, відповідно, 7,2 і 7,0 г в 100 г. Пектинові речовини в нанопюре, паротермічно обробленому та замороженому на 70%, складаються із розчинного пектину. Так, масова частка розчинного пектину у вихідній сировині становить в яблуках та абрикосах, відповідно, 0,8 г в 100 г, в дрібнодисперсному пюре з паротермічно обробленої сировини становить, відповідно, 4,8 та 5,1 г в 100 г, із замороженої сировини — 5,1 та 5,2 г в 100 г (табл. 1, рис. 1).

Встановлено також, що масова частка біологічно активних речовин, таких як L-аскорбінова кислота,  $\beta$ -каротин, фенольні сполуки в замороженому дрібнодисперсному пюре, отриманому з паротермічно обробленої сировини, відповідно, в 1,5...2,0 рази і в 2,0...3,0 рази більша, ніж у свіжій сировині (табл. 2).

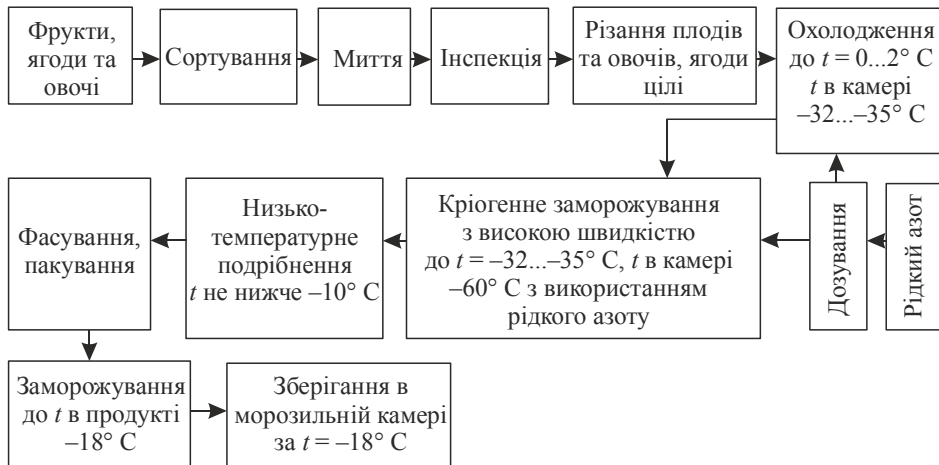
Таким чином, якість отриманого нанопюре з фруктів, ягід та овочів перевищує якість вихідної сировини і суттєво перевищує якість пюре-аналогів, отриманих із використанням традиційних методів теплової обробки сировини та подрібнення, що супроводжується втратами БАР порівняно зі свіжою сировиною на 20...80%.

На основі експериментальних досліджень розроблено нанотехнологію заморожених дрібнодисперсних добавок із фруктів, ягід та овочів, яка від традиційних відрізняється використанням високих швидкостей заморожування з використанням рідкого або газоподібного азоту до більш низької кінцевої температури в продукті (до  $-32...-35^{\circ}\text{C}$ ), а також дрібнодисперсного подрібнення до часточок, розміри яких значно менші, ніж у традиційних добавках у формі пюре (рис. 4).

**Таблиця 2. Порівняльна характеристика БАР (L-аскорбінової кислоти,  $\beta$ -каротину, фенольних сполук) і пребіотичних речовин (пектину, целюлози) у свіжих плодах та овочах і заморожених наноструктурованих пюре з них**

Продукт	Масова частка, мг в 100 г					Масова частка, г в 100 г			
	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавонолових глікозидів (за рутином)	поліфенолів — дубильних речовин	$\beta$ -каротину	L-аскорбінової кислоти	білка	загальної кількості пектинових речовин	целюлози	загального цукру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Яблука свіжі	520,1 $\pm$ 27,0	156,3 $\pm$ 12,3	354,0 $\pm$ 8,2	0,1 $\pm$ 0,05	56,3 $\pm$ 2,6	1,9 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1	7,6 $\pm$ 0,1
Нанопюре заморожене з яблук	870,2 $\pm$ 17,3	264,2 $\pm$ 17,3	643,0 $\pm$ 12,3	0,2 $\pm$ 0,05	108,2 $\pm$ 10,3	2,4 $\pm$ 0,3	7,2 $\pm$ 1,0	1,5 $\pm$ 0,1	9,8 $\pm$ 0,2
Нанопюре паротермічно оброблене з яблук	420,2 $\pm$ 10,2	380,3 $\pm$ 5,4	470,3 $\pm$ 5,4	0,2 $\pm$ 0,05	94,2 $\pm$ 1,2	2,3 $\pm$ 0,1	5,9 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 0,1	9,7 $\pm$ 0,2
Лимони свіжі	340,1 $\pm$ 10,5	70,6 $\pm$ 5,2	290,1 $\pm$ 4,8	0,2 $\pm$ 0,05	68,2 $\pm$ 3,4	2,5 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,2	2,6 $\pm$ 0,2	10,5 $\pm$ 1,0
Нанопюре заморожене з лимонів з цедрою	740 $\pm$ 12,5	150,0 $\pm$ 4,8	480,0 $\pm$ 10,5	0,4 $\pm$ 0,05	132,4 $\pm$ 5,2	3,0 $\pm$ 0,1	7,8 $\pm$ 1,0	2,1 $\pm$ 0,1	12,5 $\pm$ 1,8
Абрикоси свіжі	150,2 $\pm$ 7,7	55,6 $\pm$ 2,5	185,4 $\pm$ 12,0	9,2 $\pm$ 1,6	45,1 $\pm$ 3,6	1,5 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	7,5 $\pm$ 0,5
Нанопюре заморожене з абрикосів	250,6 $\pm$ 10,5	101,2 $\pm$ 5,4	302,6 $\pm$ 12,6	30,2 $\pm$ 2,6	125,2 $\pm$ 10,2	1,8 $\pm$ 0,1	7,2 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,1	8,9 $\pm$ 0,6
Нанопюре паротермічно оброблене з абрикосів	390,4 $\pm$ 14,1	70,2 $\pm$ 3,8	250,3 $\pm$ 4,2	25,8 $\pm$ 2,9	57,6 $\pm$ 2,6	1,8 $\pm$ 0,2	5,8 $\pm$ 0,5	1,0 $\pm$ 0,2	8,8 $\pm$ 0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чорна смородина свіжа	580,3±17,4	145,5±12,4	542,0±20,4	4,5±0,5	265,0±20,4	1,2±0,1	1,6±0,1	2,5±0,3	8,0±0,5
Нанопоре заморожене з чорної смородини	890, ±25,4	250,8±13,3	984,2±24,3	9,8±0,8	610,4±25,3	1,5±0,2	7,4±0,5	23,0±0,2	10,2±0,8
Банани свіжі	250,6±10,3	370,3±11,3	250,3±10,3	0,1±0,05	35,2±1,2	1,0±0,1	2,0±0,3	0,8±0,05	10,3±0,5
Нанопоре, заморожене з бананів	380,3±12,4	485,2±12,4	350,2±11,5	0,2±0,05	68,3±2,0	1,3±0,1	8,0±1,3	0,5±0,05	11,4±0,6
Гарбуз свіжий	180,3±11,6	56,6±2,3	210,2±4,8	9,6±0,5	18,2±0,1	1,6±0,1	1,0±0,3	1,4±0,6	7,5±0,5
Нанопоре, заморожене з гарбуза	332,1±15,2	108,0±4,4	390,1±6,7	40,2±2,5	39,4±0,5	2,2±0,1	4,5±0,5	1,0±0,4	8,9±0,7
Нанопоре з гарбуза термооброблене	280,5±10,4	84,2±4,8	325,4±7,3	30,2±2,8	29,6±1,3	1,7±0,1	3,6±0,4	1,0±0,3	8,9±0,4
Шпинат свіжий	280,6±6,4	95,2±5,6	350,0±3,4	6,2±0,1	50,4±4,0	2,5±0,1	6,5±0,5	1,9±0,1	6,8±0,5
Нанопоре, заморожене зі шпинату	536,2±18,2	180,1±4,5	590,2±5,2	13,8±0,2	122,5±5,5	3,4±0,1	8,1±0,4	1,3±0,1	7,9±0,7
Топінамбур свіжий	360,2±10,3	250,1±4,9	360,2±7,6	0,1±0,05	15,4±1,3	1,2±0,1	1,9±0,5	1,2±0,1	4,4±0,1
Нанопоре, заморожене з топінамбура	730,1±12,2	480,2±7,3	580,3±10,2	0,2±0,05	23,6±1,9	1,5±0,1	6,5±0,9	1,4±0,1	5,6±0,2



**Рис. 4. Принципова технологічна схема виробництва дрібнодисперсних заморожених добавок із фруктів, ягід та овочів з використанням кріогенного подрібнення, «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення**

Технологія також включає фасування та морозильне зберігання за температури  $-18^{\circ}\text{C}$  протягом 12 місяців без втрати вітамінів та інших БАР. Експериментально визначені та обґрунтовані раціональні параметри технології (для кожного плоду чи овочу окремо), розроблені технологічні схеми, підібране обладнання, розроблений проект НД (ТУ), проведена апробація у виробничих умовах.

На основі отриманих нанодобавок із плодоовочевої сировини розроблені продукти для оздоровчого харчування, зокрема начинки для кондитерських виробів та екструдованих продуктів, які в рамках двох госпдоговірних тем впроваджені у виробництво (Кондитерська фірма «Лісова казка», м. Харків). Розроблені також вітамінізовані оздоровчі сокові нанопаї та наносорбети, які були вироблені у виробничих умовах в НВФ «КРІАС» та НВФ «ХПК». Апробація нової продукції у виробничих умовах підтверджує доцільність виготовлення розроблених авторами заморожених плодоовочевих нанодобавок та оздоровчих продуктів з їх використанням.

### Висновки

1. Встановлено, що під час комплексної дії на рослинну сировину (плоди та овочі) криогенного «шокового» заморожування з різними високими швидкостями або паротермічної обробки (в пароконвектоматі) протягом 10 хвилин з подальшим дрібнодисперсним подрібненням відбувається активація і значне вилучення пектинових речовин із неактивної зв'язаної з іншими біополімерами в наноконформах форми, у вільний стан (в 3,6...4,8 рази більше, ніж у вихідній сировині).

2. Виявлено, що значна частина пектинових речовин, зокрема протопектину, трансформується в розчинний пектин в 6...6,5 рази більше, ніж знаходиться у вихідній сировині. Показано, що значна частина пектинових речовин в нанопюре знаходиться в розчинній формі (до 70%), що сприяє збільшенню желуючих властивостей отриманих пюре з яблук, абрикосів, гарбуза та ін. Розкрито механізми цих процесів, які пов'язані з механо- та криодеструкцією і механокренінгом складних наноконформ та вивільненням із прихованої форми пектинових речовин у розчинну легкозасвоювану форму.

3. Порівняння ІЧ-спектрів замороженого дрібнодисперсного пюре з плодової сировини і свіжої вихідної сировини показало, що в області частот від  $3200$  до  $3650\text{ см}^{-1}$ , характерних для валентних коливань функціональних груп ОН, що беруть участь в утворенні внутрішньомолекулярних і міжмолекулярних водневих зв'язків, які входять до складу вільної і зв'язаної вологи, комплексів біополімер-БАР, таких як фенольних сполук, дубильних речовин, цукрів та інших БАР, відбувається зменшення інтенсивності спектрів. Це свідчить про руйнування міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, деструкцію наноконформ біополімерів, зокрема пектинових речовин з іншими біополімерами та низькомолекулярними БАР, дезагрегацію і механоліз біополімерів або їх асоціатів і наноконформ.

4. Встановлено, що комплексне використання паротермічної обробки в пароконвектоматі та неферментативного каталізу плодоовочевої рослинної сировини дає змогу отримати нанопюре, якість якого (зокрема, за вмістом БАР: фенольних



сполук, L-аскорбінової кислоти, розчинних пектинових речовин, дубильних речовин та ін.) наближається до якості пюре, отриманого із застосуванням криогенної обробки та перевищує свіжу вихідну сировину і відомі аналоги в декілька разів.

5. Розроблено нанотехнологію заморожених дрібнодисперсних нанодобавок із плодів та овочів з використанням криогенного «шокового» заморожування та неферментативного каталізу з рекордним вмістом БАР та біополімерів в розчинній, легкозасвоюваній формі, які неможливо отримати, використовуючи традиційні методи обробки рослинної сировини.

### Література

1. *Драгет К.И.* Альгинаты: Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (ред); пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.С. Сарафановой; Санкт-Петербург : ГИОРД, 2006. — С. 460—479.
2. *Голубев В.Н.* Пектин: химия, технология, применение : монография / В.Н. Голубев, Н. П. Шелухина. — Москва : Акад. технолог. наук, 1995. — 387 с.
3. *Капрельяну Л.В.* Пребиотики: химия, технология, применение: монография / Л.В. Капрельяну. — Киев : ЭнтерПринт, 2015. — 252 с.
4. *Безусов А.Т.* Технологія виробництва галактуронових олігосахаридів із пектинвмісної сировини / А.Т. Безусов, М.Г. Малькова // Харчова наука і технологія. — Одеса: ОНАХТ, 2010. — № 1(10). — С. 58—61.
5. *Симахина Г.А.* Повышение биологической усвояемости криоматериалов как проявление механоактивации / Г.А. Симахина // Вибротехнологии. — Одесса, 1996. — Т. 3. — С. 75—78.
6. *Павлюк Р.Ю.* Крио- и механохимия в пищевых технологиях: монография / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, В.А. Павлюк, Л.А. Радченко, О.А. Юрьева, Н.Ф. Максимова. — Харьков : Факт, 2015. — 255 с.
7. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини: монографія / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Л.О. Радченко, В.А. Павлюк, Р.Д. Таубер, Н.М. Тимофєєва, О.С. Бессараб, Л.М. Біленко, О.О. Юр'єва та ін. — Харків : Факт, 2017. — 380 с. — (Серія «Інновації при переробці плодів, овочів і молока»).
8. Энциклопедия питания: в 10 т. / Под общ. ред. А.И. Черевко, В.М. Михайлова. — Т. 5 Биологически активные добавки / Под общ. ред. Р.Ю. Павлюк; Авторы.: Павлюк Р.Ю., Погарская В.В., Павлюк В.А. и др. — Харьков : Мир Книг, 2017. — 406 с.
9. *Gibson G., Roberfroid M.* (2008), *Handbook of Prebiotics*. CRS Press. — London. — Vol. 4. — P. 22—42.
10. *Sousa M., Santos E., Sgarbeeri V.* (2011), «The importance of prebiotics in functional food and clinical practical», *Food and Nutritional Science*, 2, pp. 133—144.
11. *Schols H., Ros I.* (1998), «Structural Features of Native and Commercially Extracted Pectins», *Gums and Stabilizers for the Food Industries*, Wrexham, The Royal Society of Chemistry.
12. *Гальчинецкая Ю.Л.* Низкотемпературная технология получения биологически активных крио-добавок из натурального растительного сырья / Ю.Л. Гальчинецкая, Н.С. Грищенко // Новые технологии при решении медико-экологических проблем. — Харьков, 2000. — С. 55—57.

## SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF CHAMPANIZATION IN THE PRODUCTION OF VARIETAL ROSÉ SPARKLING WINES

M. Bilko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Pink sparkling sort wines  
Pinot Noir  
Pinot Gri*

**Article history:**

Received 13.09.2017  
Received in revised form  
02.10.2017  
Accepted 20.10.2017

**Corresponding author:**

M. Bilko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The study of the influence of the methods of champagne on the aromatic characteristics of varietal rosé sparkling wines from Pinot Noir and Pinot Gri using gas chromatography were investigated. The classes and representatives of the substances responsible for their aromatic complex and the chemical composition are established. In sparkling rosé wines made from Pinot Gri, there are terpene alcohols that characterize floral tones of their flavor. The aromatic complex of sparkling wines from Pinot Noir is represented by  $\beta$ -phenyl-ethanol, benzyl alcohol, esters and lactones. It is established that acathophore champanization can preserve the Pinot Gri flavor properties and adds shades of fruit and berry to rosé sparkling wines from Pinot Noir. The classic technology of champanization promotes the formation of interesting tones of aging to rosé sparkling wines from Pinot Noir.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-22

---

## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ШАМПАНІЗАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОРТОВИХ ІГРИСТИХ РОЖЕВИХ ВИН

М.В. Білько

Національний університет харчових технологій

У статті проведено дослідження впливу способів шампанізації на ароматичні характеристики сорткових рожевих ігристих вин із Піно Нуар і Піно Грі з використанням газової хроматографії. Встановлено класи й представників речовин, які відповідальні за їхній ароматичний комплекс та особливості хімічного складу. В ігристих рожевих винах із Піно Грі наявні терпенові спирти, які характеризують квіткові тони їхнього аромату. Ароматичний комплекс ігристих вин із Піно Нуар представлений  $\beta$ -фенилетанол, бензиловим спиртом, складними естерами та лактонами. Встановлено, що акратофорна шампанізація дає змогу зберегти сортові особливості Піно Грі та надати рожевим ігристим винам із Піно Нуар фруктові-ягідні відтінки, а класична — набуті цікавих тонів витримки.

**Ключові слова:** ігристі рожеві сорткові вина, Піно Нуар, Піно Грі.

**Постановка проблеми.** На світовому ринку збільшується попит і цікавість до рожевих вин. Міжнародна організація винограду і вина OIV в рамках щорічної доповіді про найактуальніші напрямки розвитку світового виноробства відмітила стрімкий розвиток виробництва і споживання саме рожевих вин [1], зокрема рожеві ігристі вина входять в трійку сегментів світового винного ринку, що розвиваються найбільшими темпами [2].

Сортова технологія широко використовується при виробництві рожевих ігристих вин із винограду сортів Піно Нуар, Піно Грі, Трепату, Гарнача, Пріето Пікудо [3; 4], в Америці — із Зінфанделю, в Австралії — із Сіра.

В Україні виробництво рожевих ігристих вин складає 2...3% від загального обсягу, але асортимент майже кожного українського підприємства представлений хоча б однією одиницею рожевого ігристого вина. Їх більша частина виготовляється акратофорним способом за купажною технологією із білих і червоних сортових виноматеріалів.

У технології рожевих ігристих вин купажування проводять з метою забезпечення необхідних кондицій за кольором. Але за даними J.S. Casscles за своїм ароматом і смаком вони нагадують білі вина та зазвичай не мають таніснової гармонійності, яку можна досягти, використовуючи для виробництва сортових ігристих рожевих вин лише рожеві виноматеріали, й особливостей сорту в букеті ігристого [5].

Аромат є одним із важливих органолептичних характеристик вина. В рожевих ігристих винах він має суттєве значення при оцінюванні їх якості. Переважно акратофорні ігристі *розе* характеризуються букетом, в якому відчувається сортові особливості. На противагу цьому в «класичних» рожевих ігристих винах передбачена післятиражна витримка, яка і є визначальним фактором для формування їх ароматичного профілю [6]. В ароматі акратофорних вин прослідковуються переважно тони червоних ягід — барбарису, кизилу, малини, суниці, червоної смородини, молочних вершків. Рожеві ігристі вина, виготовлені шляхом пляшкової шампанізації, характеризуються тонами витримки, в яких можна впізнати сортовий склад, але частіше — «важкими» молочними тонами, ароматами хлібної шкоринки та навіть горіхів [4].

**Мета статті:** обґрунтування способу шампанізації при виробництві сортових рожевих ігристих сортових вин на основі вивчення сортових особливостей їхнього аромату.

**Матеріали і методи.** В дослідженнях використовували рожеві сухі виноматеріали, виготовлені із винограду сортів Піно Нуар і Піно Грі переробкою по-білому способом, з настоюванням і підброджуванням м'язги. Тиражну та резервуарну суміш готували асамблюванням рожевих виноматеріалів у межах сорту. Для вторинної шампанізації використовували раси дріжджів TOP15 (Enogrup, Італія), EC1118 (Lallemand, Франція), FIZZ (ІОС, Франція).

У тиражну суміш входила розводка ЧКД, тиражний лікер із розрахунку 22—24 г/дм<sup>3</sup> цукру в тиражній суміші в перерахунку на інвертний цукор, розливостійкі виноматеріали і суспензія бентоніту концентрацією 10%. Розлив тиражної суміші здійснювався при безперервному перемішуванні у нові пляшки, що були ополіснуті. Налив проводився по рівню, після чого пляшку

укупорювали з використанням спеціальних некорозійних кронен-пробок. Пляшки з тиражною сумішшю закладали в горизонтальне положення в штабелі для вторинного бродіння, яке здійснювалось при температурі 10...15° С протягом 30...40 діб. Далі кюве витримували при цій же температурі 12 міс.

Резервуарна суміш складалася з розливостійких виноматеріалів, розводка ЧКД, резервуарний лікер із розрахунку 22—24 г/дм<sup>3</sup> цукру в резервуарній суміші в перерахунку на інвертний цукор. Бродильну суміш сульфитували до 20 мг/дм<sup>3</sup> з урахуванням її вмісту в купажі. Бродіння здійснювали в акратофорах в умовах виробництва при температурі не більше 15° С протягом 18...20 діб. Після цього ігристе вино охолоджували до температури мінус 3° С — мінус 4° С, відстоювали за температури охолодження не менше 48 годин та під тиском діоксиду вуглецю фільтрували на спеціальних ізобаричних та ізотермічних фільтрах. Профільтроване вино розливали у нові пляшки, що були ополіснуті, після цього пляшку укупорювали.

В ігристих рожевих винах визначали органолептичні та фізико-хімічні показники якості за методами, прийнятими у виноробстві [7]. Основні ароматичні компоненти виноматеріалів визначали прямим хроматографічним методом. Компоненти ідентифікували шляхом порівняння мас-спектрів речовин, виявлених на хроматографі, з бібліотекою стандартних мас-спектрів. Дегустаційне оцінювання рожевих столових виноматеріалів здійснювали з використанням описового методу за п'ятьма основними елементами дескрипторів [8]. Інтенсивність дескрипторів аромату оцінювали в балах від 0 до 5 балів: 0 балів — аромат відсутній, 1 — ледь помітні відтінки, 2 — слабковиражений аромат, 3 — аромат середньої інтенсивності, 4 — аромат виражений, 5 — аромат інтенсивний.

Хемометричний аналіз речовин ароматичного комплексу проводили методом головних компонент в середовищі програмного продукту Minitab 16 та OriginPro 9.1 [9]. Максимальне число головних компонент встановлювали не більше 10. Вибір перших головних компонент здійснювали при умові, що вони мають не менш 80% відмінностей між об'єктами.

**Результати та обговорення.** Аналіз зразків рожевих сортових ігристих вин дав змогу встановити класи та представники речовин, які відповідальні за їхній ароматичний комплекс (табл. 1).

Основну частину ароматичних речовин ігристих рожевих вин складали вищі спирти, з них переважну частину становив ізоаміловий спирт (близько 90%), який має високий ароматичний поріг, решта — спирти з приємними відтінками з низькими значеннями порогу аромату, серед яких β-фенілетіловий і бензиловий спирт, які привносили в аромат рожевих ігристих вин плодово-фруктові тони, м'які медові та квіткові аромати.

Найбільш різноманітною групою ароматутворюючих речовин ігристих рожевих вин були складні ефіри, які надають складну ягідно-фруктову ноту з тонами барбарису, червоного яблука та груші.

Терпенові спирти, які мають квіткові тони, у рожевих винах були представлені в основному ліналоолом, терпенеолом і го-триєнолом і надавали зразкам тонів квітів — троянди, гіацинту та бузку.

Наявність у всіх зразках бутиролактону, пантолактону та δ-додекалактону також характерна для рожевих вин, що привносить в їхній аромат солодко-фруктові тони.

*Таблиця 1. Результати досліджень ароматичного комплексу рожевих сортових ігристих вин Піно Нуар і Піно Грі та дегустаційна оцінка*

Найменування компонентів	Піно Нуар						Піно Грі					
	Спосіб шампанізації											
	класичний			резервуарний			класичний			резервуарний		
	Раса дріжджів*											
Масова концентрація, мг/дм <sup>3</sup>	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вищі спирти (сума), у. т. ч.	184,8	194,2	180,2	173,8	182,3	176,8	161,9	166,0	166,9	144,7	148,1	160,9
з присмним ароматом: β-фенилетанол, бензиловий спирт	17,8	19,9	16,3	15,6	17,9	15,6	12,6	15,5	13,3	11,6	12,6	12,9
Складні естери (сума), у т. ч.	77,4	98,4	91,1	65,4	84,4	80,2	76,7	95,5	84,3	70,3	84,5	79,1
леткі:	53,1	58,2	57,1	51,1	54,7	54,2	55,4	62,7	59,5	52,5	56,4	56,6
нелеткі:	24,3	40,2	35,0	14,3	29,7	26,1	21,3	32,8	24,9	17,9	28,1	22,5
Терпенові спирти	0	0	0	0,03	0,07	0,08	0,21	0,25	0,20	0,36	0,52	0,44
Лактони: бутиролактон	25,5	37,3	26,3	19,0	28,3	24,2	12,2	16,8	16,0	11,0	15,5	15,1
Жирні кислоти	11,7	15,4	11,6	8,3	11,3	9,9	7	8,4	7,4	4,6	7,2	7,1
Альдегіди	31,3	28,3	32,4	25,2	24,4	24,4	31,2	36,6	35,3	37,0	23,5	26,2
Дегустаційна оцінка, бал	9,33	9,42	9,28	9,03	9,05	9,17	9,05	9,15	9,02	9,28	9,31	9,40

**Примітка:** раси дріжджів: 1 — TOP15, 2 — EC 1118, 3 — FIZZ; представники летких складних естерів: ізоамілацетат, етилізовалеріат, етилацетат, етил-2-метилбутират, β-фенілетилацетат, етилдеканоат, етил-октаноат, 2-етилгексаноат; представники нелетких складних естерів: диетилсукцинат, етиллактат; представники терпенових спиртів: ліналоол, терпінеол, го-триєнол; представники жирних кислот: капронова, каприлова, стеаринова, олеїнова, лауринова.

Дослідження впливу способу шампанізації асамбляжів виноматеріалів Піно Грі та Піно Нуар показало певні відмінності в їхньому ароматичному комплексі (табл. 1).

У зразках, виготовлених пляшковою шампанізацією, порівняно з резервуарною, переважала концентрація речовин ароматичного комплексу всіх класів, окрім терпенових спиртів, які, ймовірно, брали участь у синтезі естерів протягом бродіння та витримки кюве. Слід відмітити, що в зразках пляшкового ігристого з Піно Нуар не знайдено терпенових спиртів, натомість у резервуарних зразках вони були наявні в малих концентраціях, на відміну від зразків із Піно Грі, де вони були виявлені в концентраціях на порядок вищий, ніж у зразках із Піно Нуар.

Серед терпенових спиртів, що відносяться до сортових дескрипторів Піно Грі, найчисленнішим представником був ліналоол (63...70%). При класичній

технології його масова концентрація була на 17...36% меншою, ніж при акратофорній, що вказує на втрату сортових особливостей Піно Грі при реалізації класичної шампанізації.

Естери етилізовалеріат, етилацетат, етил-2-метилбутират мали більші масові концентрації у зразках, виготовлених за класичною технологією. Ці естери формують стиль витриманого на осаді ігристого вина, що узгоджується з літературними даними [10]. Відмітимо, що їх синтез залежить від раси дріжджів: максимальна кількість цих речовин визначена у винах, виготовлених із застосуванням раси EC 1118.

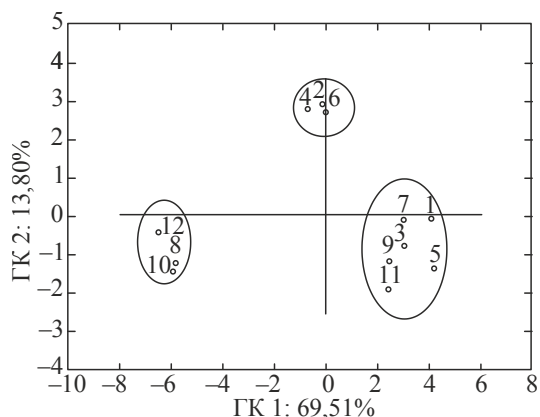
Дріжджі раси FIZZ синтезували в більшій кількості β-фенілетиловий спирт, що має квіткові аромати.

Серед органічних кислот найчисленнішою була гексанова (70%). Поряд із іншими кислотами та бутиролактоном вона відповідає за сирно-молочні аромати, які є характерними для ігристих вин, виготовлених за класичною технологією. Найбільшу кількість цих речовин було відмічено у зразках, виготовлених на расі дріжджів EC 1118.

Результати дегустаційного аналізу визначили пріоритетність резервуарної шампанізації для виноматеріалів із Піно Грі та класичної для Піно Нуар із застосуванням рас дріжджів FIZZ та EC 1118 відповідно.

Застосування хемометричного аналізу дало змогу визначити ароматуючі сполуки, що мають найбільший вплив на кластеризацію сортових ігристих рожевих вин із Піно Грі та Піно Нуар за способом шампанізації.

На рис. 1 наведено графік розрахунків перших двох головних компонент, з якого видно, що застосування МГК до показників якості рожевих столових. В окремий кластер виділені зразки, отримані за акратофорною технологією із Піно Грі та Піно Нуар, що пояснюється подібністю їхніх ароматичних профілів. Ароматична характеристика цих зразків більше пов'язана із вторинними продуктами бродіння: β- фенілацетатом, гексан-1-олом, бензиловим та ізоаміловим спиртам.



**Рис. 1. Розподіл зразків рожевих ігристих вин у просторі перших двох головних компонент:** сортові ігристі вина 1...6 —Піно Грі; 7...12 —Піно Нуар; способ шампанізації: 1, 3, 5, 7, 9, 11 — акратофорний; 2, 4, 6, 8, 10, 12 — класичний; раси дріжджів: 1, 2, 7, 8 — TOP15; 3, 4, 9, 10 — EC 1118; 5, 6, 11, 12 — FIZZ

Зразки, отримані за класичною технологією, на відміну від резервуарних варіантів, розподілено на 2 кластери за сортом, що може вказувати та суттєві відмінності в ароматичному профілі. На групування цих зразків більше вплинули  $\gamma$ -бутиролактон, гексанова, октанова, деканова кислоти, ліналоол, го-трієнол,  $\alpha$ -терпінеол. При цьому ароматичні особливості рожевих ігристих вин із Піно Нуар були обумовлені сполуками, що мають дескриптори, притаманні витриманим ігристим винам — молочні, мильні та сирні аромати. Ароматичний профіль зразків із Піно Грі був зумовлений в основному терпеновими сполуками.

Способи шампанізації по-різному впливають на букет ігристого вина (рис. 2). Для сортових рожевих ігристих вин із Піно Грі, виноматеріали для яких характеризувалися тонами яблук, білих квітів, персиків і меду, акратофорна шампанізація підкреслює сортові аромати. Натомість класична шампанізація призводить до їх втрати.

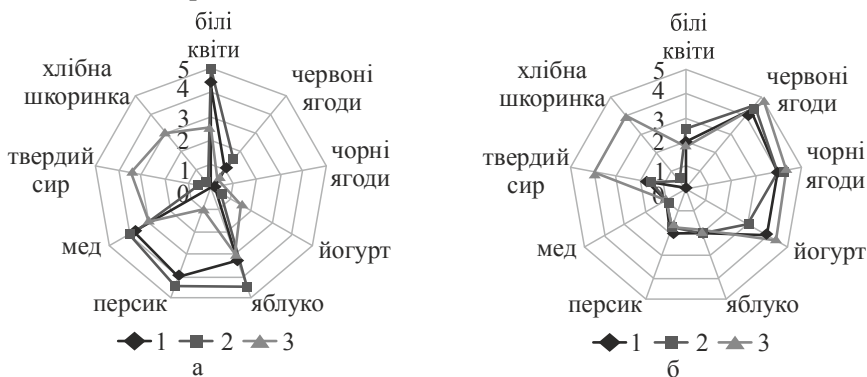


Рис. 2. Профілі аромату рожевих ігристих вин із Піно Грі та Піно Нуар залежно від способу шампанізації: а) Піно Грі, б) Піно Нуар, 1 — виноматеріал, 2 — зразки, виготовлені за акратофорною технологією, 3 — зразки виготовлені за класичною технологією

Інша тенденція спостерігалась у зразках із Піно Нуар, сортовими ароматами якого є тони йогурту, червоні та чорні ягоди. Ароматика акратофорних зразків практично повністю повторює ароматичний профіль виноматеріалу. Зразки, отримані за класичним способом, не тільки зберігали свої сортові особливості, але й посилювали їх.

### Висновки

Акратофорна шампанізація сприяє збереженню аромату і підкреслює сортові особливості рожевих ігристих вин, виготовлених із сортових виноматеріалів Піно Грі. Для Піно Нуар акратофорна шампанізація уможливила отримання рожевих ігристих вин з фруктовими відтінками, а класична дає змогу набуття цікавих тонів витримки. Раси дріжджів EC1118 та FIZZ позитивно впливають на формування аромату сортових ігристих *розе* із Піно Нуар і Піно Грі.

### Література

1. OIV Focus 2015: The rosé wine market [Електронний ресурс]. — Режим доступу до сайта : <http://www.oiv.int/public/medias/2176/focus-2015-les-vins-roses-en.pdf> — Назва з екрану.

2. The Wine and Spirits Market in Asia-Pacific and Worldwide with Prospects Until 2017 [Електронний ресурс] / VINEXPO Asia Pasific, Hong Kong. — Режим доступу : [http://www.vinexpo.com/media/cms\\_page\\_media/437/IWSR%20-%20Monde%20-%20 ANG.pdf](http://www.vinexpo.com/media/cms_page_media/437/IWSR%20-%20Monde%20-%20ANG.pdf) — 2014. — Назва з екрану.
3. Rose: [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://en.wikipedia.org/wiki/Rosé>.
4. *Stevenson T.* The new Sothebys wine encyclopedia / T. Stevenson — London : Elsevier, 2008. — 789 p.
5. Ready for Rosé? [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://www.hvwinemag.com/Grapes\\_rose.html](http://www.hvwinemag.com/Grapes_rose.html).
6. *Тевосян И.А.* Совершенствование технологии производства игристых вин на основе интенсификации биохимических процес сов / И.А. Тевосян: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ» / И.А. Тевосян. — Москва, 2011. — 141 с.
7. Методы технохимического контроля в виноделии. [Под ред. В. Г. Гержиковой]. — Симферополь : Таврида, 2009. — (Серия науч.-техн. лит. по виноделию). — 304 с.
8. Сенсорный анализ. Методология. Общее руководство по разработке сенсорного профиля: ISO 13299:2003. — [Чинний від 2010-07-30]. — 24 с.
9. *Эсбенсен К.* Анализ многомерных данных. Избранные главы / К. Эсбенсен; под. ред. О.Е. Родионовой. — Черногловка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. — 160 с.
10. The Impact of Wine Style and Sugar Addition in liqueur d'expedition (dosage) Solutions on Traditional Method Sparkling Wine Composition / B. Kemp, C. Hogan, S. Xu and etc. // Beverages. — 2017. — # 3, 7. — P. 16.



УДК 613.392-057.36

## SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS FOR MILITARY PERSONNEL

N. Pritulskaya, P. Karpenko, M. Kravchenko, V. Gnitsevich, D. Fedorova,  
T. Yudina

*Kyiv National University of Trade and Economics*

---

**Key words:**

*Nutrition of servicemen  
Combat ability  
Oxidant stress  
Detoxification properties  
Antioxidants  
Antihypoxants  
Adaptogens  
Dry concentrates and  
preserved products*

---

**Article history:**

Received 10.09.2017  
Received in revised form  
03.10.2017  
Accepted 24.10.2017

---

**Corresponding author:**

N. Pritulskaya  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-23

---

---

**ABSTRACT**

The article deals with the scientific substantiation of the conceptual principles and directions of nutrition correction of servicemen in extreme conditions, requirements and criteria for the creation of food products for increasing the organism's resistance to oxidative stress and ecological-professional syndrome as a result of the complex of physical, psychoemotional and toxic influences. A complex of food products for servicemen with the use of protein-carbohydrate semifinished products on the basis of complex processing of secondary dairy and small fish raw materials was developed. It is proposed to include in the main field set of products for servicemen developed foods in a dry concentrated and drag-shaped form with a specified nutritional composition, enriched with essential nutrients, antioxidants, antihypoxants and adaptogens.

## НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Н.В. Притульська, П.О. Карпенко, М.Ф. Кравченко, В.А. Гніцевич,  
Д.В. Федорова, Т.І. Юдіна

*Київський національний торговельно-економічний університет*

*У статті науково обґрунтовано концептуальні засади та напрями аліментарної корекції харчування військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах, вимоги та критерії створення харчових продуктів для підвищення стійкості організму до оксидантного стресу й еколого-професійного синдрому внаслідок дії комплексу фізичних, психоемоційних і токсичних впливів. Розроблено комплекс харчових продуктів для військовослужбовців з використанням білково-вуглеводних напівфабрикатів на основі комплексної*

*переробки вторинної молочної та дрібної рибної сировини. Запропоновано включити до складу основного польового набору продуктів для військово-службовців розроблені харчові продукти у сухій концентрованій та драглеподібній формі із заданим нутрієнтним складом, збагачені есенціальними нутрієнтами, антиоксидантами, антигіпоксантами, адаптогенами.*

**Ключові слова:** харчування військовослужбовців, боєздатність, оксидантний стрес, детоксикаційні властивості, антиоксиданти, антигіпоксанти, адаптогени, сухі концентровані і драглеподібні продукти

**Постановка проблеми.** Боєздатність Збройних Сил України та ефективність проведення бойових дій значною мірою залежить від рівня працездатності, фізичної та психоемоційної витривалості, тривалої концентрації уваги бійців, функціональних резервів їх організму, що визначається, серед іншого, якістю харчування. В умовах розгорнутої проти нашої держави агресії виникає гостра важливість забезпечення військовослужбовців, які перебувають у зоні бойових дій у військово-польових умовах з відривом від баз постачання, мобільних шпиталів, медичних закладах, безпечними та якісними харчовими продуктами, нутрієнтний склад і споживні властивості яких адаптовані до особливих умов споживання, є завданням першочергової важливості, що обумовлено необхідністю збереження життя і здоров'я, найшвидшого відновлення боє- та дієздатності військових контингентів в екстремальних умовах. При цьому надзвичайно важливим є військово-професійна працездатність, стійкість і можливість адаптації військовослужбовців до впливу екстремальних факторів, пов'язаних із характером виконуваних завдань у польових умовах з відривом від баз постачання і несприятливим впливом на організм факторів навколишнього середовища.

Актуальність і доцільність дослідження зумовлена невідповідністю між потребами військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах з відривом від баз постачання, у повноцінному харчуванні, що забезпечує достатній рівень адаптації організму та збереження військово-професійної працездатності й недостатньою розробкою теоретичних засад і практичних розробок створення харчових продуктів спеціального призначення, відсутність науково обґрунтованих напрямів аліментарної підтримки військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах, вимог та критеріїв створення спеціальних харчових продуктів для них. У зв'язку із вищенаведеним, обґрунтування науково-практичних аспектів розроблення спеціальних харчових продуктів із заданими споживними властивостями щодо складу біологічно активних речовин та ергономічних характеристик для харчування військовослужбовців у польових умовах з відривом від баз постачання, є на сьогодні надзвичайно актуальним і потребує нагального вирішення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Перебування особового складу в різних екстремальних умовах супроводжується надзвичайно високим психоемоційним і фізичним напруженням. При цьому успішність виконання бойових завдань обумовлена людським фактором, здатністю військовослужбовців переносити важкі психоемоційні та фізичні навантаження, впливом на

організм несприятливих кліматичних умов, дефіциту води і продуктів харчування, токсичних речовин [1—3]. Виконання військовослужбовцями бойових завдань в екстремальних умовах, які пов'язані з інтенсивними фізичними навантаженнями і вираженим психоемоційним напруженням, призводить до негативних змін функціонального стану практично всіх органів і систем організму, порушень обмінних процесів і теплового стану. Неможливість повноцінної адаптації до цих умов життєдіяльності найчастіше пов'язана з формуванням комплексу дезадаптаційних розладів, прояви якого охоплюють усі рівні інтеграції організму, включаючи зниження працездатності, пригнічення імунорезистентності і реактивності, підвищення рівня тривожності, який отримав назву «хронічного еколого-професійного перенапруження» [4—6]. Проблема збереження в цих умовах високого рівня праце- та боєздатності, стійкості організму до різних несприятливих факторів, профілактики та корекції дезадаптивних станів військовослужбовців, є досить актуальною. Від успішності її вирішення значно залежить ефективність діяльності військовослужбовців, а отже, і боєздатність військ у цілому.

Оскільки формування комплексу дезадаптаційних розладів пов'язане передусім зі значними порушеннями метаболізму, то головною метою нутритивної підтримки в цих умовах є максимально можлива корекція і профілактика порушень білкового, вуглеводного, водно-мінерального обмінів, вітамінної забезпеченості організму. У зв'язку із цим актуальним є створення продуктів підвищеної біологічної цінності, збагачених спеціально підібраним і збалансованим складом есенціальних нутрієнтів і біологічно активних речовин рослинного й тваринного походження, зокрема із високими антиоксидантними і детоксикаційними властивостями, що може сприяти підвищенню резистентності організму військовослужбовців до інтенсивних фізичних навантажень, достатнього формування компенсаторних і адаптаційних реакцій організму в екстремальних умовах і поліпшення, таким чином, їх військово-професійної працездатності.

Дослідженнями В.М. Луфт, П.П. Макарова, Ф.З. Меєрсона, А.А. Новицького, С.А. Саранцева, Н.Д. Шальнової, S. Hidenari, S.N. Meydani, A.M., Perelson W.J. Tharion, K.D. Tipton, A.J. Young та інших показано, що в екстремальних умовах, зокрема в умовах бойових дій, важливої ролі набувають спеціальні продукти харчування, використання яких запобігає розвитку метаболічних дисфункцій в організмі людини, сприяє підвищенню резистентності організму до несприятливих факторів довкілля і наслідків стресу [2—15]. Вирішення завдань, пов'язаних з підтримкою напруженої діяльності військовослужбовців і корекцією психоемоційних розладів в екстремальних умовах, вимагає використання різних засобів, що адекватні до різних причин проявів і механізмів розвитку станів дезадаптації, зниження і втрати боєздатності особового складу. Найбільш обґрунтовано проблема підтримки і корекції фізичного стану людини розроблена у спортивній практиці. При цьому до медико-біологічних засобів збереження фізичної працездатності належить раціональне харчування [6]. Проте питанню оптимізації раціону харчування військовослужбовців в екстремальних умовах бойових дій, зокрема на основі оцінки умов виконуваних робіт за рівнем фізичного та

психоемоційного навантаження, прогнозу наслідків метаболічного оксидантного стресу та виявлення аліментарних резервів підвищення резистентності і функціонального стану організму даної категорії осіб, у наведених інформаційних джерелах не було приділено достатньої уваги. Крім того, виробництво продукції спрямованої біологічної дії, за допомогою якого може бути здійснена цільова корекція раціонів військовослужбовців в екстремальних умовах, стримується недостатнім рівнем фундаментальних і прикладних досліджень з використання доступної вітчизняної сировинної бази, зокрема джерел повноцінного білка — дрібної рибної, вторинної молочної, рослинної сировини для виробництва спеціальних харчових продуктів для військовослужбовців. Виходячи з цих передумов, проблема забезпечення військовослужбовців в екстремальних умовах і при проведенні бойових дій з відривом від баз постачання харчовими продуктами із заданим нутрієнтним складом і споживними характеристиками є актуальною і потребує особливої уваги.

**Мета дослідження:** на основі обґрунтування концептуальних засад, основних критеріїв і вимог створення спеціальних продуктів харчування для військовослужбовців, які перебувають в екстремальних умовах — у зоні бойових дій у військово-польових умовах з відривом від баз постачання, виконують навчально-бойові завдання в екстремальних умовах, розробити концентровані білково-енергетичні продукти для харчування в екстремальних умовах.

**Результати та їх обговорення.** Виконання військовослужбовцями різних завдань в екстремальних умовах перш за все пов'язане з підвищеною фізичною активністю [16]. Величини добових енерговитрат у різних контингентів військовослужбовців можуть коливатися в досить широких межах залежно від характеру військово-професійної діяльності та конкретних умов бойової служби — безпосередня участь у бойових діях (рейдових операціях) або міжбойовий період (перебування в пунктах постійної дислокації). Дані літературних джерел про енергетичні еквіваленти діяльності військовослужбовців свідчать про те, що максимальні середньодобові витрати енергії в цих умовах можуть досягати 5000—6500 ккал/добу, збільшуючись в окремі дні до 7000—7500 ккал і навіть до 8000 ккал, а енергетичний дефіцит — від 1100—1400 ккал до 3000—3500 ккал на добу і більше [16; 17]. Наведені умови бойової діяльності викликають виражені негативні зміни статусу харчування військовослужбовців як інтегрального показника їх стану здоров'я. Про істотне погіршення статусу харчування військовослужбовців в цих умовах зазначають багато дослідників [4—5; 7—9; 15—18; 19]. При цьому у військовослужбовців розвивається дефіцит маси тіла [18; 19]. Одним із наслідків цього є погіршення функціонального стану життєво важливих систем організму, а також зниження рівня фізичної працездатності військовослужбовців [20].

Аналіз умов навчально-бойової та бойової діяльності різних категорій військовослужбовців показав, що основними факторами, що призводять до зниження, часткової або повної втрати працездатності, розвитку преморбідних станів і розгорнутих форм соматичних і нервово-психічних розладів, є: емоційний стрес у його гострих або хронічних проявах; різні форми втоми, викликані напруженою діяльністю, і депривація сну; стани, що виникають під впливом виражених фізичних навантажень; стани, викликані впливом на

організм високих і низьких температур навколишнього середовища, звукових навантажень, токсичними впливами від продуктів згоряння, зокрема, запалювальних сумішей, що містить напалми, гідразин, пірогелі, терміту та ін., високою небезпекою травматичних та опікових уражень, а також порушеннями енергетичної та якісної адекватності харчування [4; 5; 13; 20].

Метаболічні процеси, що зумовлюють зазначені зміни в організмі військово-службовців, є результатом взаємодії ряду чинників: впливу гормональної активності; розлади водно-сольового обміну; підвищення енергетичних потреб і катаболічної спрямованості обміну речовин; впливу неадекватного харчування, передусім дефіциту нутрієнтів, що мають антиоксидантну, ергогенну, антистресову та адаптаційну дію [4; 13; 20]. Залежно від інтенсивності та часу впливу несприятливих факторів на організм змінюється стан здоров'я людини від динамічного гомеостазу до небезпечного, при цьому формуються різні порушення здоров'я, що неминуче виснажують резерви підтримки внутрішньої рівноваги гомеостазу. Відбувається порушення енергетичної, адаптаційної, метаболічної, кислотно-лужної рівноваги і, як наслідок, перенапруження цих систем з розвитком захворювань.

Неспецифічною реакцією організму на вплив комплексу несприятливих факторів кліматичних умов, підвищених фізичних навантажень і стресу є патологічний процес надлишкового внутрішньоклітинного накопичення вільних радикалів, активація процесів і накопичення продуктів перекисного окиснення ліпідів, що перевантажує систему оксидантної рівноваги в організмі. Ланку патологічних змін, що виникають в організмі внаслідок зростання активності процесів вільнорадикального окиснення, об'єднують під назвою «оксидантний стрес». Ці зміни пов'язані перш за все з пошкодженням клітинних мембран, унаслідок якого клітини втрачають цілісність, порушується процес клітинного дихання і розвивається гіпоксія — стан організму, який виникає при недостатньому забезпеченні організму киснем або порушенні його утилізації в процесі біологічного окиснення. Киснева недостатність здійснює дезорієнтуючу дію на всі види обміну, що призводить до порушення функціонального стану життєво важливих органів і систем. Тривала, а також часто повторювана активація процесів вільнорадикального окиснення призводить до виснаження антиоксидантної системи (дефіциту вітамінів E, C,  $\beta$  — каротину, глутатіону, селену, зниження активності ферментів та ін.) [21].

Вплив такого комплексу негативних факторів професійної діяльності, яка здійснюється на тлі вираженого стресу і несприятливих кліматичних умов, досить швидко призводить до зниження активності імунітетних механізмів організму та імуногенезу. Це виявляється достовірним зниженням показників неспецифічного імунітету, зокрема, падінням бактерицидної здатності крові і вмісту лізоциму, а також рівня специфічного імунітету — зниженням рівня імуноглобулінів. У свою чергу, погіршення імунорезистентності організму призводить до збільшення гострих інфекційних захворювань ті загострення вже наявних хронічних, особливо серцево-судинної, дихальної та нервової систем [4; 5; 7; 21]. Усі зазначені вище зміни вказують на недостатність і порушення захисно-приспосувальних механізмів організму, обмеження резервів компенсації і адаптації. При надмірності та неадекватності діючих

факторів адаптивним можливостям організму виникають різні відхилення і розвивається стан дезадаптації як наслідок «виснаження і руйнування адаптивних механізмів» [4; 23]. У цих випадках ціна адаптації перевищує можливості механізмів підтримки гомеостазу, і вони не можуть забезпечити адекватну реакцію організму, що забезпечує повне врівноваження виникаючих порушень. При цьому виникають початкові прояви порушень метаболізму, відбувається накопичення в організмі токсичних продуктів обміну, порушується нейрогуморальна регуляція організму, функціональна активність імунної системи, кишкової мікрофлори та інших захисних механізмів. У результаті зростає функціональна напруженість деяких систем або органів, що дає змогу компенсувати дисбаланс дезадаптованих систем [4; 18; 22; 23] і формується комплекс розладів — синдром «хронічного еколого-професійного перенапруження», прояв яких охоплює всі рівні інтеграції організму (підвищення рівня тривоги, помітне зниження працездатності, пригнічення імунітету і реактивності, зростання захворюваності з тенденцією подовження розвитку патологічного процесу) [6]. Основними клініко-фізіологічними і біохімічними проявами цього синдрому, що відображає глибоку перебудову обміну речовин з метою значного підвищення енергоутворення для забезпечення адаптивних процесів в організмі, є [24]:

- виснаження і пригнічення функції антиоксидантної системи, насамперед, її неферментативної ланки (зниження аскорбінової кислоти,  $\alpha$ -токоферолу і відновленого глутатіону в крові);
- підвищення рівня продуктів перекисного окиснення ліпідів;
- пошкодження структури і функції клітинних мембран, особливо інтенсивно клітин імунної системи, шлунково-кишкового тракту;
- метаболічний ацидоз;
- переважання катаболічних процесів над анаболічними, в результаті чого в організмі виникає порушення білкового обміну, що сприяє розвитку білкової недостатності різного ступеня вираженості;
- пригнічення процесів синтезу речовин, зокрема білків;
- зменшення ефективності функціонування організму;
- зниження фізичної і розумової працездатності;
- зміна функції шлунково-кишкового тракту з порушенням його захисної ролі і процесів всмоктування;
- пригнічення імунної системи і факторів неспецифічного захисту організму з виникненням вторинних імунодефіцитних станів.

Виявлені механізми розвитку синдрому «хронічного еколого-професійного перенапруження» військовослужбовців в екстремальних умовах можуть бути використані як теоретична основа для розробки цільових профілактичних програм збереження здоров'я особового складу військ, а також забезпечення високої працездатності військовослужбовців при веденні бойових дій або в період служби в умовах будь-якого клімато-географічного регіону [6].

Ретроспективний аналіз систематизованих результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень у сфері спортивної, військової медицини і рекомендацій фахівців з дієтології дав змогу визначити основні напрями корекції порушень, що викликають синдром «хронічного еколого-професійного перена-

пруження» військовослужбовців в екстремальних умовах, і сформулювати напрями відновлення резистентності організму:

- відновлення функціональних можливостей антиоксидантної системи;
- зниження патологічно підвищеного рівня реакцій вільнорадикального окиснення;
- відновлення структури і функції клітинних мембран;
- корекція порушень обміну речовин і запобігання розвитку білкової недостатності, зокрема за рахунок стимуляції біосинтезу білків і пригнічення надлишкової протеолітичної активності ферментів;
- активація синтезу макроергічних сполук.

Отже, першочерговим завданням нутритивної підтримки організму військовослужбовців в екстремальних умовах є відновлення функціональних можливостей антиоксидантної системи та посилення механізмів детоксикації, які організм людини використовує для нейтралізації токсичних впливів ксенобіотиків з навколишнього середовища та ендотоксикантів. Особливості функціонування антиоксидантної системи в різних органах і тканинах визначаються генотипом, а також залежать від забезпеченості організму антиоксидантами. Тривала, а також часто повторювана активація процесів вільнорадикального окиснення призводить до виснаження антиоксидантної системи і дефіциту вітамінів Е, С,  $\beta$ -каротину, глутатіону, селену, зниження активності ферментів та ін. [25].

Важливе значення для підтримки належного рівня військово-професійної працездатності в екстремальних умовах має нормальна вітамінна забезпеченість організму військовослужбовців. На жаль, багато дослідників вказують на її значне погіршення при діях особового складу в польових та екстремальних умовах, про що свідчить низький рівень вмісту вітамінів у сироватці крові і сечі цільового контингенту осіб, поява мікросимптомів вітамінної недостатності. Це пов'язано як з недостатнім вмістом вітамінів у раціонах харчування, так і з підвищеною потребою організму в них у процесі адаптації до таких умов [21; 25]. Світові наукові дослідження та практика свідчать, що за допомогою синтетичних вітамінно-мінеральних комплексів не можна вирішити проблему компенсації зазначених станів, оскільки їх ізоформа відрізняється від натуральних, їх засвоєння значно нижче, ніж з натуральних продуктів, у них відсутні фітохемопротектори [25].

Отже, для збереження здоров'я військовослужбовців в екстремальних умовах, підтримання нормального рівня праце- та боездатності, високого рівня витривалості та стійкості до несприятливих еколого-професійних факторів, запобігання дезадаптаційних станів і станів оксидантного стресу організму важливим є включення до раціонів спеціальних харчових продуктів, які вміщують вітаміни, мінерали, адаптогени, антигіпоксанти, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини [21; 25; 26].

Відомо, що в умовах екстремальних ситуацій при змінах енергетичного обміну, підвищених фізичних навантаженнях істотна роль належить перебудові білкового обміну організму. У військовослужбовців в умовах надзвичайних ситуацій внаслідок дії стресу та фізіологічних змін значно прискорюється обмін речовин. Процес сумарної метаболічної відповіді організму

людини на стрес, або на генералізовану запальну реакцію при травмах, що супроводжується підвищеними енергетичними потребами та зниженням можливості утилізації ендогенних субстратів, має назву гіперметаболізм-гіперкатаболізм [27]. Інтенсивність білкового синтезу, досить висока в спокої, знижується при фізичних навантаженнях і різко активізується у відновлювальний період. Потреби організму у білках значно зростають. Білок потрібний для утворення імунних клітин, зміцнення м'язів, загоєння ран, відновлення організму. Ускладнення обміну протеїнів при тривалому напруженні виявляється на всіх рівнях організації організму: виснажуються функціональні резерви, порушується формування структурного потенціалу організму, знижується загальна резистентність та імунітет, активується перекисне окиснення ліпідів, потенціюється вітамінний дисбаланс. Для оптимального забезпечення енергетичного балансу рекомендована нутритивна підтримка за допомогою спеціальних білоквісних харчових продуктів.

У зв'язку із вищенаведеним, завданнями оптимального харчування військовослужбовців в екстремальних умовах є, з одного боку, використання харчових продуктів з високим вмістом легкозасвоюваного білка та есенціальних амінокислот для забезпечення підвищених потреб організму, а з іншого боку — формування заданого «пулу нутрієнтів» для забезпечення достатньої детоксикації екзо- та ендотоксикантів внаслідок дії несприятливих факторів еколого-професійного перенапруження та оксидантного стресу. При цьому особливого значення набуває використання у складі харчових продуктів біологічно активних речовин, які перешкоджають всмоктуванню токсичних речовин, загальмовують надходження токсинів в організм, забезпечують нейтралізацію токсичних метаболітів, виведення токсинів, захист контактуючих органів і підтримання їх функцій, мають антиоксидантні, мембрано протекторні, імуномодельючі та антимутагенні властивості, що у комплексі є потужним засобом нейтралізації ксенобіотиків і ендотоксикантів, профілактики захворювань, посилення захисних функцій і формування компенсаторно-адаптаційних реакцій організму в екстремальних умовах. Узагальнюючи вищенаведене, слід зазначити, що проблеми харчування військовослужбовців в екстремальних умовах мають вирішуватись системно, а саме:

1. Адекватна білково-енергетична корекція раціонів харчування: кількісна і якісна повноцінність раціону, оптимальна збалансованість нутрієнтів, підвищення вмісту енергетичних та пластичних субстратів — легкозасвоюваних вуглеводів та повноцінних білків, посилення ролі білкової складової в раціоні харчування, корекція порушень обміну речовин і запобігання розвитку білкової недостатності, зокрема за рахунок стимуляції біосинтезу білків і пригнічення надлишкової протеолітичної активності ферментів.

2. Компенсація дефіциту незамінних нутрієнтів і біологічно активних сполук, що виникає під впливом несприятливих факторів навколишнього середовища, професійних еколого-гігієнічних факторів харчування, травм, хвороб.

3. Механічний захист, адсорбція: підвищення захисних функцій фізіологічних бар'єрів організму (слизових оболонок шлунково-кишкового тракту та ін.) від несприятливого впливу на нього ксенобіотиків з харчових продуктів і



питної води (харчові волокна, полісахариди, зокрема целюлоза, пектини та хітин, макро- і мікроелементи, слизи, фітонциди).

4. Інгібування вільнорадикального окиснення: регулювання процесів біо-трансформації різних ксенобіотиків, зокрема ендотоксинів, шляхом окиснення, метилювання, дезамінування та інших біохімічних реакцій, спрямованих на їх знешкодження: індукція та інгібування ферментів I фази детоксикації — глюкозинолати (ізотіоціанати) (переважно інгібування), поліфеноли (активація), селенопротеїни, глутатіонвмісні сполуки; індукція ферментів II фази детоксикації: глутатіонвмісні сполуки; антиоксидантна дія — поліфеноли (переважно непряма дія), глутатіонвмісні сполуки (пряма і непряма дія), каротиноїди, селенопротеїни (непряма дія), вітаміни-антиоксиданти, групи B; вплив на клітинний цикл, диференціювання і апоптоз: каротиноїди (лікопін — вплив на клітинний цикл), глюкозинолати (модуляція клітинного сигналу та індукція апоптозу), селенопротеїни (передусім апоптоз), поліфеноли (гормональна регуляція, регуляція апоптоза), селеновмісні сполуки (опосередкований імунотропний ефект).

5. Захист контактуючих органів (печінка, нирки, кров, легені, кишечник): сприяння підвищенню антитоксичної функції окремих органів і систем організму з використанням принципів дієтичної корекції (вітаміни, мікроелементи, білки, гепатопротектори, поліфеноли, муколітики, фітонциди, антианемічні засоби, полісахариди).

6. Покращення функціонального стану пошкоджених органів і систем організму, на які переважно можуть впливати регіональні еколого-гігієнічні фактори харчування природного або антропогенного походження (макро- і мікроелементи, білки, фосфоліпіди, глюкозинолати, поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, вітаміни).

7. Виведення ксенобіотиків: активізування процесів зв'язування і виведення з організму токсичних сполук та їх несприятливих метаболітів.

8. Нормалізація мікробіоценозу кишечника і стимулювання розвитку корисної мікрофлори: детоксикація екзогенних і ендогенних субстратів та метаболітів і зниження ендогенної інтоксикації продуктами синтезу гнильної мікрофлори, сприятлива дія на ендоекологію мікроорганізмів товстої кишки, поліпшення засвоєння харчових речовин.

9. Психоемоційна корекція і підвищення адаптивних можливостей організму: сприятлива дія на ауторегуляторні реакції організму, особливо на нервову систему (при підвищених психоемоційних навантаженнях), ендокринну регуляцію імунної системи, обмін речовин тощо.

10. Активація синтезу макроергічних сполук — продукт повинен містити макроергічні сполуки в стабільній та легкозасвоюваній формі.

Дієвим напрямом оптимізації раціонів харчування військовослужбовців в екстремальних умовах є регулярне включення в раціони спеціальних харчових продуктів, збагачених макро- і мікронутрієнтами, метаболічно орієнтованими харчовими композиціями, нутрицевтиків і фармаконутрієнтів (препаратів на основі лікарських рослин, гідробіонтів, продуктів бджільництва та ін.). Введення до харчового раціону продуктів, до складу яких входять джерела

енергії, що легко утилізуються, пластичні та біологічно активні речовини, дає змогу регулювати й активізувати біологічні процеси і, як наслідок, цілеспрямовано впливати на перебіг метаболізму в організмі військовослужбовців в екстремальних умовах. Спеціальні харчові продукти, що можуть бути використані у складі наборів польових для військовослужбовців, повинні відповідати таким критеріям: бути ефективними у цільовому призначенні; мати загальнозміцнюючу і лікувально-профілактичну дію на організм; підвищувати професійну працездатність, витривалість, розширювати можливості адаптації організму військовослужбовців до фізичних навантажень; прискорювати відновлення після фізичних навантажень.

Умови праці та життєдіяльності військовослужбовців в екстремальних умовах (підвищені фізичні навантаження, емоційно-психічне напруження, складні метеорологічні умови та екологічно агресивне (несприятливе) навколишнє середовище, забруднене токсичними речовинами в результаті згорання вибухових речовин, дії шуму, вібрація та ін.), неможливість дотримання раціонального режиму харчування та обмежений час на споживання їжі вимагають особливого підходу до харчування даного контингенту військовослужбовців. До основних вимог та особливостей організації харчування військовослужбовців в екстремальних умовах слід віднести:

- збалансованість раціону за основними і незамінними харчовими чинниками;
- висока адекватна енерговитратам енергетична цінність раціонів при мінімальних масі та об'ємі;
- легка перетравлюваність компонентів страв, відсутність подразнюючого впливу на шлунково-кишковий тракт;
- привабливий зовнішній вигляд, смак і запах продуктів;
- стійкість до різного роду кліматичних і механічних впливів;
- збереження доброякісності протягом тривалих термінів.
- підвищені вимоги до герметичності та міцності тари та упаковки продуктів внаслідок впливу екстремальних факторів середовища, механічних впливів;
- неможливість застосування традиційного посуду (тарілки, чашки, склянок) через умови праці;
- обмеження вмісту в продуктах рідкої фази (частково продукти повинні бути сухими, брикетованими, у вигляді таблеток, концентрованих гелів та суспензій);
- широкий асортимент як рідких, так і твердих продуктів, що дасть змогу знизити фактор «приїдання»;
- підвищені вимоги до продуктів, які кришаться і є небезпечними для здоров'я (наприклад, потрапляння крихт в горло в умовах споживання їх під час руху, забруднення місць споживання (залишення слідів) та ін.).

Зазначені особливості харчування військовослужбовців в екстремальних умовах є основними при підборі продуктів раціону та їх пакування. Одним із найперспективніших на сьогодні форматів високоенергетичного харчування військовослужбовців є концентровані порошкоподібні та драглеподібні продукти, оскільки такий продукт:

- є концентрованим джерелом нутрієнтів, який має меншу вагу та габаритні розміри порівняно із традиційними консервованими продуктами у складі наборів польових;

- має високу енергетичну цінність при мінімальних масі та об'ємі, достатню калоричну густину (не менше 1 ккал/мл/г);

- не потребує додаткового приготування — драгледоподібний продукт (продукт готовий до безпосереднього споживання) або потребує нетривалого доготування — заливання окопом і настоювання протягом 5—10 хв.;

- зручно споживати та зберігати (продукт легко ковтати, не потрібно пережовувати; можливість пакування у туби або стіки дає змогу брати його з собою і використовувати безпосередньо під час бойових дій, а також легко транспортувати та зберігати);

- легко засвоюється і не викликає розладів шлунку (містить поживні речовини у легкозасвоюваній формі, що полегшує й прискорює їх засвоєння і мінімізує можливість виникнення розладів, зважаючи на особливості травлення під час бойових дій).

Окрім того, драгледоподібна та порошкоподібна форма дає змогу включати до складу продукту найрізноманітніші біологічно активні добавки і рівномірно розподіляти їх по всій товщі; до того ж суспендовані речовини краще і швидше засвоюються організмом, а отже, їх використання стає значно ефективнішим. Таким чином, розробка драгледоподібних і порошкоподібних харчових продуктів є перспективним напрямом у галузі харчування військовослужбовців і потребує подальшого розвитку і дослідження.

З урахуванням сучасних наукових даних про рекомендовані норми споживання нутрієнтів в умовах підвищеного фізичного та психоемоційного навантаження, а також взявши до уваги результати вітчизняних і зарубіжних досліджень у сфері спортивної, військової медицини і рекомендації фахівців з дієтології, розроблено критерії оптимізації складу і сформульовано вимоги до основних показників якості спеціальних продуктів для харчування військовослужбовців в екстремальних умовах:

- споживання продукту повинне забезпечувати 15—50% добової потреби організму людини в повноцінних білках;

- продукт повинен мати достатню калоричну густину (не менше 1 ккал/мл/г);

- скор незамінних амінокислот (DIAAS) білкового компонента продукту повинен становити 100%, наявність в амінокислотному складі глутаміну, аргініну і попередників глутатіону (цистеїну);

- вміст «цільових» мінеральних речовин і вітамінів повинен задовольняти 15—50% їхньої добової потреби;

- наявність у складі омега-3 поліненасичених жирних кислот;

- наявність у складі біологічно активних речовин, які використовуються для покращення фізичної працездатності, адаптаційних можливостей організму та корекції метаболічних зрушень (біологічно активні речовини антиоксидантної, детоксикаційної, мембранопротекторної та адаптогенної дії), повинні знаходитись в продукті в кількості, не меншій ніж клінічно доведена мінімально ефективна доза і при цьому не перевищувати її гранично допустимі рівні споживання;

- продукт повинен містити макроергічні сполуки в стабільній та легкозасвоюваній формі;

- продукт повинен бути безпечним, не призводити до звикання, не містити у своєму складі речовини, заборонені чинним гігієнічним законодавством;

*товарна форма випуску продукту:*

- супів-пюре, десертів, напоїв — сухий порошок, що швидко відновлюється, у зручному герметичному разовому пакуванні - реторт-пакеті типу дой-пак, що забезпечує тривале зберігання і дає змогу легко варіювати разову та добову дозу споживання продукту;

- драгледоподібних продуктів — однорідна консистенція гелю у зручному герметичному разовому пакуванні типу «саше»;

- сухих формованих продуктів: концентрати харчові комплексних снєків — зручні у споживанні брикетовані сухі комбіновані продукти у герметичному разовому комбінованому багат шаровому пакуванні; борошняні вироби тривалого зберігання — сухе несолодке печиво різної форми у герметичному комбінованому багат шаровому пакуванні;

*органолептичні характеристики:*

- продукт повинен характеризуватись високими органолептичними властивостями — привабливий зовнішній вигляд, смак і запах продуктів;

- концентрат супу-пюре, десерту повинен швидко та легко відновлюватись у рідині, мати консистенцію, що відповідає традиційним кулінарним стравам відповідних груп; концентрат напою — легко і швидко розчиняється, не випадаючи в осад і не розшаровуючись з часом;

- сухі формовані продукти: концентрати харчові комплексних снєків — м'яка для розжовування консистенція, середньої щільності, зниженої кришкуватості; борошняні вироби тривалого зберігання — сухе несолодке печиво різної форми у герметичному комбінованому багат шаровому пакуванні підвищеної міцності, зниженої кришкуватості;

- продукт не повинен викликати надмірної стимуляції кишкової моторики, мати подразнюючий вплив на шлунково-кишковий тракт, повинен відносно легко перетравлюватись і всмоктуватись;

- мати стійкість до різного роду кліматичних і механічних впливів;

- збереження доброякісності протягом тривалих термінів зберігання (один рік та більше), мікробіологічна безпечність, зручність при застосуванні та зберіганні.

За результатами комплексу проведених досліджень авторами розроблено асортимент харчових продуктів для військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах та при проведенні бойових дій з відривом від баз постачання: супи-пюре м'ясо-рослинні і рибо-рослинні, сухі формовані продукти — концентрати харчові комплексних снєків брикетовані, борошняні вироби тривалого зберігання (сухі рибо-рослинні та молочно-рослинні формовані продукти — крекиси, крекери, біскоти, білково-рослинні хлібці), концентрати сумішей сухих для десертів, енергелі. Обов'язковою умовою білкової складової цих продуктів є збалансований вміст незамінних амінокислот. У виробництві харчових продуктів для військовослужбовців використовували продукти переробки молочної сироватки та вітчизняної дрібної

рибної сировини, створені на основі ресурсозберігаючих технологій: комплексності перероблення та застосування енергоощадних технологій сушіння. Авторами розроблено асортимент поліфункціональних напівфабрикатів, зокрема сухі рибо-рослинні напівфабрикати на основі фаршу з вітчизняної дрібної рибної сировини та рослинної сировини [28; 29], а також білково-вуглеводні напівфабрикати на основі молочної сироватки [30]. Їх комплексне використання у рецептурному складі харчових продуктів для військовослужбовців дає змогу підвищити вміст білків і збалансувати амінокислотний склад, підвищити вміст мінеральних елементів, зокрема кальцію, фосфору, магнію, калію, цинку, вітамінів групи В, необхідних для життєдіяльності людини в екстремальних умовах.

Розроблені харчові продукти для харчування військовослужбовців збагачували біологічно активними речовинами з метою профілактики стану оксидантного стресу та нейтралізації його наслідків — натуральними сорбентами, адаптогенами, мембранопротекторами, антиоксидантами і антигіпоксантами: низькомолекулярні азотовмісні сполуки, зокрема трипептид глутатіон; ненасичені жирні кислоти, зокрема омега-3, фосфоліпіди; розчинні полісахариди — блокатори ксенобіотиків (пектини, камеді, слизи, целюлоза, хітозан, ацетанан та ін.) та клітковина (фрукти, овочі, висівки); антиоксиданти, зокрема аскорбінова кислота, токоферолі, каротиноїди; різні групи флавоноїдів (флавоноли і їх глікозиди — кверцетин, кемпферол, рутин та ін; флавоноли — лютеолін, апігенін та ін; флавонони — нарингенін, гесперидин та ін; дігідрофлаванолі, проатоціанідіни, катехіни та ін), мінеральні речовини (Se, Zn, Mg); коензим Q-(убіхінон); органічні кислоти (бурштинова, яблучна, ліпоева, гідроксилімонна); фенольні сполуки (гідрохінон, арбутин, гідроксикоричні кислоти тощо), що мають специфічний біологічний вплив на різноманітні функції окремих метаболічних систем і організму в цілому тощо [21; 25].

На рівні клітинних механізмів ці компоненти надають регулюючий і нормалізуючий вплив на найважливіші функціональні блоки і системи, що визначають стан біомембран, активацію ферментів вуглеводного і ліпідного обміну, активацію системи біосинтезу білка, метаболізму ксенобіотиків та ін. Важливим є антиоксидантний ефект розроблених спеціальних продуктів. Основним джерелом речовин з антиоксидантними і антигіпоксичними властивостями є рослинна сировина — культивовані та дикі рослини. Джерелами цільових речовин для створення спеціалізованої продукції для харчування військовослужбовців стали такі поширені у вітчизняній сировинній базі продукти: продукти переробки молока, риби, крупи, бобові, горіхи та насіння, висівки та шроти, буряк, морква, гарбуз, яблука, капуста та листові овочі, ягідна та пряно-ароматична, дикоросла та лікарська рослинна сировина, яку використовували у харчових продуктах у формі сухих порошоків, екстрактів, гелів, емульсій тощо. Нутрієнтний склад продуктів проектували з урахуванням обов'язково вмісту таких біологічно активних речовин рослинної сировини як: ди- та тритерпеноїди і тритерпенові кислоти кортикоїдоподібної дії (корінь солодки, лист брусниці і толокнянки, плоди глоду), поліфеноли та їх глікозиди з коренів і кореневищ елеутерококу, родіоли рожевої, левзеї сафлоровидної, плодів лимонника та шипшини, порошку з листя волоського горіха.

Головними критеріями для пріоритетного використання тих чи інших натуральних інгредієнтів у харчових продуктах для профілактики дезадаптаційних станів військовослужбовців були такі: по-перше, такі продукти повинні мати системну фізіологічну дію, тобто сприяти комплексному забезпеченню зазначених вище напрямів корекції харчування; по-друге, мають надавати оптимальні метаболічні ефекти, мати детоксикаційні властивості; по-третє, повинні бути безпечними, тобто відповідати епідеміологічним і гігієнічним вимогам до даної категорії продуктів. При цьому важливим напрямом фармакологічної дії спеціальних продуктів є актопротекторна дія — стимулювання підвищення фізичної і розумової працездатності, що є інтегративним показником загального функціонального стану організму, ступеня його захищеності від різних пошкоджуючих впливів [2—4]. Центральне місце в рецептурі спеціальних продуктів, що забезпечують зазначений ефект, займають рослинні компоненти, що належать до адаптогенів (родіола рожева, левзея сафлоровидна, шипшина тощо). Компоненти адаптогенів діють аналогічно впливу систематичних м'язових вправ, які адаптують організм до виконання фізичної роботи високої інтенсивності й тривалості, що є відображенням розширення резервних функціональних можливостей організму і збільшення здатності до більш повної їх мобілізації.

Проаналізувавши літературні дані та взявши до уваги потреби цільової категорії споживачів, ми розробили функціональну композицію біологічно активних речовин на основі екстракту дріжджового та порошку з листя волоського горіху, яку рекомендовано використовувати у складі харчових продуктів для військовослужбовців в кількості до 5% рецептурної суміші. Мета використання функціональної композиції біологічно активних речовин на основі екстракту дріжджового та порошку з листя волоського горіху — додаткове збагачення харчових продуктів мінеральними речовинами, вітамінами групи В, біологічно активними сполуками антиоксидантної та ергогенної дії. До науково-обґрунтованого складу функціональної композиції увійшли: порошок з листя волоського горіху, бурштинова кислота, аскорбінова кислота, екстракт дріжджовий, сухий екстракт коріння левзеї сафлоровидної. Внесення порошку з листя волоського горіху обумовлене його цінним мінерально-вітамінним складом та наявністю широкого спектру антиоксидантних речовин у складі біофлавоноїдного комплексу.

Науково обґрунтовані концептуальні підходи до створення спеціальних харчових продуктів для військовослужбовців, що діють в екстремальних умовах, дали змогу здійснити підбір компонентного складу спеціальних продуктів з урахуванням дії окремих біологічно активних речовин та їх комплексів. За результатами проведених досліджень розроблено комплекс технологій спеціальних харчових продуктів та нормативної документації з їх виробництва: концентратів м'ясо- та рибо-рослинних супів-пюре швидкого приготування (ТУ У 10.8-05476322-001:2017 «Супи-пюре сухі швидкого приготування з білоквмісними напівфабрикатами для військовослужбовців»), концентратів харчових комплексних снєків брикетованих (ТУ У 10.8-05476322-002:2017 «Харчові продукти сухі формовані для військовослужбовців»), борошняних виробів тривалого зберігання (ТУ У 10.7-05476322-003:2017

«Вироби борошняні та борошняні кондитерські з сухими рибо-рослинними напівфабрикатами тривалого зберігання» (вафлі солоні без начинки «Крекиси рибні», крекери, сухі бісквіти та хлібці).

На розроблену інноваційну продукцію отримано патенти [28; 31] та подані заявки на отримання патентів на концентрати харчові супів-пюре, сухих формованих та снекових продуктів для військовослужбовців з вмістом функціональних композицій біологічно активних речовин. Цілеспрямовано сформований нутрієнтний склад розроблених харчових продуктів адаптований до фізіологічних потреб військовослужбовців в екстремальних умовах і характеризується високим вмістом білків (рибних, молочних та рослинного походження) зі збалансованим амінокислотним складом та вмістом есенціальних амінокислот, мінеральних елементів, зокрема кальцію, фосфору, калію, магнію, цинку, йоду, селену; омега-3 есенціальних жирних кислот; вітамінів групи В, вітамінів-антиоксидантів (β-каротину, С, Е), макроергічних сполук, а також біологічно активних речовин антиоксидантної, адаптогенної, детоксикаційної та імуномодельючої дії (глутатіону, β-глюкану, бурштинової кислоти, поліфенольних сполук, флавоноїдів).

Виробництво розроблених продуктів після впровадження запропонованих наукових розробок сприятиме покращенню продовольчого забезпечення військовослужбовців в екстремальних умовах та при проведенні бойових дій з відривом від баз постачання і спрямоване на вирішення завдання збереження здоров'я військових контингентів, підвищення боєздатності Збройних Сил України і обороноздатності нашої держави.

## **Висновки**

1. Систематизовано наукові дані щодо механізмів розвитку та клініко-фізіологічні і біохімічні прояви комплексу дезадаптаційних розладів — синдрому «хронічного еколого-професійного перенапруження» в організмі військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах. Встановлено, що одним з перспективних шляхів вирішення проблеми управління адаптаційними процесами, підвищення стійкості організму до фізичних і нервово-психічних і токсичних навантажень військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах, є використання у складі основного раціону спеціальних харчових продуктів, збагачених есенціальними нутрієнтами, біологічно активними речовинами й адаптогенами.

2. Розроблені концептуальні засади, критерії створення і вимоги до основних показників якості спеціальних продуктів для харчування військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах з відривом від баз постачання.

3. За результатами комплексу проведених досліджень авторами розроблено комплекс технологій спеціальних харчових продуктів для військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах та при проведенні бойових дій з відривом від баз постачання, та нормативної документації з їх виробництва: супи-пюре м'ясо-рослинні і рибо-рослинні, сухі формовані продукти — концентрати харчових раціонів брикетовані, борошняні вироби тривалого зберігання та снеки (сухі рибо-рослинні та молочно-рослинні формовані продукти — крекиси, крекери, біскоти, білково-рослинні хлібці),

енергелі. Розроблені продукти для харчування військовослужбовців у відповідності з розробленою нормативною документацією впроваджені у виробництво на підприємствах із виробництва спеціальних харчових продуктів ТОВ «ДелМас ЛТД», закладах ресторанного господарства м. Києва. Розроблені продукти рекомендовані до включення до складу наборів продуктів польових для забезпечення повноцінного харчування впродовж доби особового складу Збройних Сил України та інших військових формувань, за умов неможливості приготування гарячої їжі. Застосування спеціальних харчових продуктів у раціонах харчування військовослужбовців, що перебувають в екстремальних умовах, сприятиме корекції метаболічних порушень, покращенню адаптації та витривалості, підвищуватиме активність адаптаційно-захисних систем організму, дасть змогу цілеспрямовано впливати на процеси пластичного забезпечення.

### Література

1. *Комаров Ф.И.* Основные итоги и уроки медицинского обеспечения Советской армии в годы Великой Отечественной войны / Ф.И. Комаров, О.Ю. Лобастов // Воен.-мед. журн. — 1990. — № 5. — С. 3—20.
2. *Макаров П.П.* Опыт использования концентрированных основ в питании военнослужащих / П.П. Макаров; С.В. Гаврилин, Г.П. Бурмистров, А.В. Шанин // Концептуальные вопросы питания населения и военнослужащих Т 1.: Сборник трудов по мат. Всероссийской науч. конф.— Санкт-Петербург, 2001. — С. 126.
3. *Нарыков В.И.* Перспективы использования специальных напитков повышенной биологической ценности в экстремальных условиях / В.И. Нарыков, П.П. Макаров, Д.В. Ткаченко, А.В. Зоткин // Питание военнослужащих на рубеже тысячелетий Тез. докл. конф.. — Санкт-Петербург, 2001. — С. 78.
4. *Меерсон Ф.З.* Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенинников. — Москва : Медицина, 1988. — 251 с.
5. *Новицкий А.А.* Синдром хронического эколого-профессионального перенапряжения и проблемы сохранения здоровья личного состава в процессе военно-профессиональной деятельности / А.А. Новицкий // Тр; В.Мед.А. — С. 116., 1993.— Т. 235. — С. 8—17.
6. *Новицкий А.А.* Влияние лечебного комплекса, основанного на коррекции проявлений синдрома хронического эколого-профессионального перенапряжения на состояние иммунной системы у раненых с взрывными поражениями. / А.А. Новицкий, П.П. Лихущин, В.Р. Грицингер, О.Н. Успенская // Тр. В.Мед.А. — Санкт-Петербург, 1993. — Т. 235.— С. 108—117.
7. *Meydani S.N.* Optimization of immune function in military personnel / S.N. Meydani, F. Eksir // Nutrient composition of rations for short—term, high—intensity combat operations, National Academies, Washington. 2005. — # 9. — P. 330—335.
8. *Hidenari S.* Nutritional requirements of military personnel / S. Hidenari // National defense medical journal. 2007. — Vol. 54, # 1. — P. 1—10.
9. *Tharion W.J.* Energy requirements of military personnel / W.J. Tharion et al. // Appetite. 2005. — P. 47—65.
10. *Young A.J.* Specifying optimal nutrient composition for military assault rations / A.J. Young, G.A. Darsch // Nutrient composition of rations for short-term, high-intensity combat operations, National Academies, Washington. — 2005. — # 9. — P. 162—168.
11. *Perelson A.M.* Rationale for use of vitamin and mineral supplements / A.M. Perelson et al. // Handbook of nutrition and food. 2002. — P. 1333—1361.
12. *Tipton K.D.* Carbohydrate-Protein Balance for Physical Performance / K.D. Tipton // Nutrient composition of rations for short-term, high-intensity combat-operations, National Academies, Washington. 2005. — # 9. — P. 191—200.



13. *Саранцев С.А.* Совершенствование питания военнослужащих в экстремальных условиях / С.А. Саранцев П.П. Макаров // Вест. Рос. воен.-мед. акад. 2006. — Приложение №1(15) — С. 327—328.
14. *Шальнова Н.Д.* Гигиеническое обоснование оптимизации питания в экстремальных условиях. — Диссер. на соиск. уч. степ. докт. мед. наук. — Москва, 2004. — 284 с.
15. *Луфт В.М.* Диагностика, лечение и профилактика трофологической недостаточности и критерии ее диагностики / В.М. Луфт //Воен.-мед. журн. — 1993. — № 12. — С. 21—24.
16. Концепция обеспечения войск питанием в боевых условиях: Отчет Американской армейской лаборатории (Натик, Массачусетс, США): В 2 т.— 1978 / Пер. с англ.; Под ред. П.И. Чеснокова и Н.Я. Федоренко. — Москва : Б.и., 1978.
17. *Дьяконов М.М.* Основы санитарного надзора за энергетической адекватностью питания военнослужащих / М.М. Дьяконов. — Ленинград : ВМедА, 1989. — 35 с.
18. *Dulloo A.G., Girardier L.* Adaptive changes in energy expenditure during refeeding following low—caloric intake: evidence for a specific metabolic component favoris fat storage // Amer. J. Clin. Nutr. — 1990. — Vol. 52, # 3. — P. 415—420.
19. *Макаров О.А.* Санитарно-эпидемиологический надзор и медицинский контроль за организацией питания войск: учебное пособие / О.А. Макаров., Л.А. Николаева; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, кафедра общей гигиены. — Иркутск : ИГМУ, 2015. — 70 с.
20. Военная гигиена в условиях локальных войн / Под ред. С.А. Лопатина, М.В. Неженцева и В.Т. Найды. — Санкт-Петербург : СПбПМИД, 1995. — 338 с.
21. Фундаментальные и прикладные аспекты современных эколого—биологических исследований : монография / [авт. кол.: Федорова Д.В., Кравченко М.Ф., Карпенко П.О. и др.]. — Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2015. — 226 с.
22. *Ломов О.П.* Гигиенические аспекты адаптации организма к факторам окружающей среды / О.П.Ломов // Воен.-мед. журн. — 1983. — № 6. — С. 43—46.
23. *Луфт В.М.* Нутриционная поддержка больных в клинической практике/ В.М. Луфт, И.Е. Хорошилов.— Санкт-Петербург, ВМедА, 1997. —120 с.
24. *Панин Л.Е.* Энергетические аспекты адаптации / Л.Е.Панин. — Ленинград : Медицина, 1978.— 191 с.
25. Детоксикационное питание / под ред. Т.Т. Пилат. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 688 с.
26. *Рудаська Г.Б., Тищенко Є.В., Притульська Н.В.* Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення: Монографія. — Київ : Київ. нац. торг.-екон. Ун-т, 2002. — С. 271—275.
27. *Хорошилов И.Е.* Клиническая нутрициология / И.Е. Хорошилов, П.Б. Панов. — Санкт-Петербург : ЭЛБИ-СПб, 2009. — 284 с.
28. Пат. На корисну модель 116396 Україна, МПК А23L 17/00, А23L 33/00. Поліфункціональні сухі рибо-рослинні напівфабрикати / Притульська Н.В., Федорова Д.В., Кузьменко Ю.В.; Київ. нац. торг.-екон. Ун-т. — № u201608694 ; заявл. 10.08.2016; опубл. 25.05.2017, бюл. № 10/2017. — 8 с.
29. *Федорова Д.* Біологічна цінність рибо-рослинних напівфабрикатів на основі комплексного перероблення бичка азівського / Д. Федорова, Ю. Кузьменко // Товари і ринки. Київ : КНТЕУ. — 2015. — 2(20). — С. 85—97.
30. Пат. 51866 Україна, МПК 2009 А23С 9/00. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатofункціонального призначення / А.Ф. Коршунова, В.А. Гніцевич, Н.А. Федотова; ДонНУЕТ (Україна). — № u200913172; заявл.17.12.2009; опубл. 10.08.2010, бюл. № 15. — 6 с.
31. Пат. на корисну модель № 110742 Україна, МКП F21D 13/08. Вафлі солоні без начинки «Крекиси рибні» / Притульська Н.В., Федорова Д.В.; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — № u 201602770; заявл. 1 від 21.03.2016 р.; опубл. 25.10.2016, бюл. № 20/2016. — 8 с.

## USING PHYTO-EXTRACTS FOR SOLVING BAKING INDUSTRY ISSUES

K. Iorgacheva, T. Lebedenko, V. Kozhevnikova, N. Sokolova  
*Odessa National Academy of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Herbal and aromatic raw materials  
Phyto-extracts  
Wheat flour  
Dough  
Bread quality stabilization  
Physiological effect*

---

**Article history:**

Received 12.09.2017  
Received in revised form 08.10.2017  
Accepted 31.10.2017

---

**Corresponding author:**

K. Iorgacheva  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The relevance and importance of complex solutions to the problems of the industry and quality improvement of the bread products due to the use of biologically active substances of domestic phyto-materials are highlighted in this article. The selection of herbal and aromatic plant materials and rational method of their preparation (extraction) are substantiated and the parameters for forming the necessary functional, technological and physiological properties of phyto-extracts are given. Practical solutions for improving the existing technologies of bread products and stabilizing the product quality, increasing their safety and strengthening the protective properties by using phyto-extracts are given. Measures for improving the properties of the dough made from weak flour, improving the quality of products made by intensive technologies due to intensifying the technological process, stabilizing the biotechnological properties of wheat sourdough and using phyto-extracts as an alternative to improvers are proposed.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-24

---

## ФІТОЕКСТРАКТИ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ І ЗАВДАНЬ ХЛІБОПЕЧЕННЯ

К.Г. Іоргачова, Т.Є. Лебеденко, В.О. Кожевнікова, Н.Ю. Соколова  
*Одеська національна академія харчових технологій*

*У статті висвітлено актуальність і значення комплексного вирішення проблем галузі, покращення якості хлібних виробів за рахунок використання біологічно активних речовин вітчизняної фітосировини. Обґрунтовано вибір лікарської, пряно-ароматичної рослинної сировини та раціональний спосіб її підготовки — екстрагування, наведено параметри для формування необхідних функціонально-технологічних і фізіологічних властивостей фітоекстрактів. Запропоновано практичні рішення з удосконалення існуючих технологій хлібних виробів і стабілізації якості продукції, підвищення її безпечності та посилення захисних властивостей шляхом використання фітоекстрактів. Розроблено заходи з покращання властивостей тіста зі слабого борошна, поліпшення якості продукції в інтенсивних технологіях завдяки інтенсифікації технологічного процесу, стабілізації біотехнологічних властивостей пшеничних заквасок і використання фітоекстрактів як альтернативи поліпшувачам.*

**Ключові слова:** *пряно-ароматична сировина, фітоекстракти, борошно пшеничне, тісто, стабілізація якості хліба, фізіологічна дія.*

**Постановка проблеми.** Надважлива і виняткова роль хліба зумовила формування в суспільстві особливого ставлення до цього продукту, надала стратегічного значення та соціальної відповідальності підприємствам хлібопекарської галузі. З одного боку, масовість і постійність споживання хлібобулочних виробів (ХБВ) стали гарантом стабільності попиту на ринку. А з іншого, оскільки ціна і якість хліба, асортимент і об'єми випуску знаходяться в центрі постійної уваги і підвищеного контролю не тільки фахівців галузі, а й населення, органів держаної влади та засобів масової інформації, це призвело до спроб зовнішнього регулювання ціноутворення, суттєвого ускладнення роботи хлібо заводів, загострення проблем і необхідності їх вирішення [1—3].

По-перше, хлібопекарські підприємства працюють в умовах високої конкуренції, зростання вимог споживачів до органолептичних характеристик продукції, її свіжості, натуральності і корисності, стабільності якості при зберіганні та різноманітності асортименту. При цьому приготування хліба на вітчизняних хлібо заводах характеризується високими витратами енергії, матеріальних, трудових ресурсів, що ускладнюється диспаратом зростання цін на складові собівартості та продукцію і веде до низької рентабельності виробництва. Тому надзвичайно важливим є питання забезпечення конкурентоспроможності продукції на ринку, впровадження матеріало- та енергоощадних технологій, зниження трудомісткості та підвищення економічної ефективності й інвестиційної привабливості виробництва [1; 2; 4]. По-друге, стрімкі зміни у житті сучасної людини, зниження показників здоров'я населення обумовлюють актуальність формулювання більш жорстких вимог до показників харчової цінності і безпечності хлібних виробів як продуктів масового споживання, вмісту в них поживних і біологічно активних речовин, наявності синтетичних добавок, потенційно шкідливих сполук та алергенів. По-третє, з урахуванням значного природного потенціалу хліба у коректуванні харчового статусу українців, постійності його споживання всіма верствами населення нутриціологи наголошують на актуальності вивчення світового досвіду та активізації вітчизняних розробок технологій продукції із заданими фізіологічними властивостями, здатної зміцнювати і захищати здоров'я людини в сучасних умовах, запобігати поширенню неінфекційних, «екологічно обумовлених» і професійних захворювань [5—8].

Подолання проблем і вирішення завдань галузі суттєво ускладнюється особливостями організації, багатогранністю і динамічністю виробничого процесу, унікальністю характеристик борошняних систем, зниженням і суттєвими коливаннями якості сировини, включенням до рецептур нетрадиційних функціональних інгредієнтів з різними функціонально-технологічними властивостями.

Зважаючи на вищезокреслене, для інноваційного динамічного розвитку підприємств хлібопекарської галузі, зростання їх конкурентоспроможності необхідно застосування комплексних підходів при розробці та впровадженні технологічних рішень, що забезпечить баланс формування всіх критеріїв якості продукції із сучасних позицій споживачів, нутриціологів і виробників [9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При вирішенні проблем і завдань хлібопекарської галузі альтернативою поширеним харчовим добавкам синтетичного походження може стати фітосировина. Вона є справжньою скарбницею БАР з цінними фізіологічними властивостями, в ній містяться високоактивні порівняно зі складовими борошняних систем речовини.

Вивчення досвіду використання фітосировини в хлібопеченні вказує на ефективність і комплексність отриманих результатів. Вони поєднують можливості коригування фізіологічних властивостей продукції з технологічною значимістю розробок, що спрямована на покращання її споживчих характеристик шляхом: 1) нівелювання негативного впливу коливань технологічних властивостей борошна, дріжджів на реологічні властивості тіста і якість ХБВ; 2) інтенсифікації процесів приготування тіста, покращення біотехнологічних властивостей напівфабрикатів (заквасок, опар, тіста); 3) подовження строків зберігання свіжості, підвищення мікробіологічної безпеки ХБВ, запобігання або гальмування інших видів псування; 4) розширення асортименту, надання оригінальних смаку, аромату [9; 10]. Проте провівши аналіз технологій застосування лікарської, пряно-ароматичної рослинної сировини (ЛПАРС) і продуктів її переробки, зокрема хмелю, кропиви, звіробою, глоду у хлібопеченні, можна резюмувати, що широкому їх впровадженню, незважаючи на всі позитивні сторони, перешкоджає низка проблем.

Нестабільність хімічного складу і технологічних властивостей фітодобавок, які можуть змінюватись в різних сортах, партіях, у процесі зберігання і формуються під впливом численної кількості об'єктивних та суб'єктивних чинників, що зумовлює проблеми стандартизації їх якості. Необхідно відмітити недостатність практичного досвіду і відсутність наукового обґрунтування виду, сорту, анатомічних частин ЛПАРС, ступеня її обробки, профілю діючих речовин для використання у хлібопеченні. Актуально сформулювати вимоги до якості фітосировини з урахуванням особливостей борошняних систем, організації хлібопекарського виробництва та вирішуваних проблем, що стане важелем її ефективності, безпечності і відтворюваності впливу на хід технологічного процесу та характеристики продукції. Дискусійним залишається питання раціонального способу підготовки фітосировини, важлива проблема неоднозначності рекомендованих у різних роботах параметрів процесу. Зокрема, параметри екстрагування різняться за видом рекомендованого екстрагенту (вода, олія, CO<sub>2</sub>), діапазоном гідромодуля (від 1:10 до 1:400), температурними (від 28 до 100° С) та часовими параметрами (від кількох хвилин до 24 год) [9].

**Метою дослідження** є теоретичне обґрунтування та розробка практичних заходів зі стабілізації якості ХБВ, регулювання перебігу процесів їх приготування за рахунок використання фітосировини.

**Викладення основних результатів дослідження.** На підставі аналізу й узагальнень літературних даних щодо хімічного складу, вмісту БАР і реакційно здатних до складових тістових систем сполук, за медико-біологічними та техніко-економічними критеріями, а також з урахуванням особливостей процесів, що забезпечують формування якості хлібопекарської продукції, обрано

перспективну для вирішення проблем галузі фітосировину — це плоди глоду криваво-червоного, горобини звичайної, шипшини коричної, трави кропиви дводомної, меліси лимонної, листя м'яти перцевої, шишок хмелю звичайного.

За особливостями гістологічної будови, результатами макро- та мікроскопічного аналізу подрібненої ЛПАРС, оцінки фізико-хімічних характеристик і хімічного складу встановлено (табл. 1), що обрані фітодобавки є цінним джерелом БАР, характеризуються високим вмістом активних порівняно зі складовими борошняних систем сполук — пектинів (ПР), поліфенолів (ПФ), органічних кислот (ОргК) (лимонної, яблучної та янтарної), вітамінів і мінеральних речовин тощо. Проте така сировина не може використовуватись при виготовленні традиційних ХБВ у вигляді фітопорошків, що зумовлено значно більшим розміром часточок, ніж у борошна, високою їх твердістю, особливо для плодкових фітодобавок, і темним кольором, які проявляються і в готовій продукції.

*Таблиця 1. Порівняльний аналіз подрібненої фітосировини і пшеничного борошна*

Характеристика сировини	Подрібнені фітодобавки			Борошно пшеничне першого сорту
	Плодові	Шишки та гранульований хміль	Трави, листя	
Фізико-хімічні показники:				
середній розмір частинок, мкм	325...464	$2,21 \cdot 10^3$	580...897	40...60
насіпна густина, кг/м <sup>3</sup>	380...450	150...180	160...310	550
ступінь набухання, см <sup>3</sup> /г	3,60...4,47	3,39...4,33	2,48...3,32	1,78...2,05
Складові, що зумовлюють формування актуальних властивостей:				
- основні технологічно значимі речовини	Цукри, ПР, аскорбінова, органічні, сорбінова (для горобини) кислоти, амінокислоти, вітаміни, макро-, мікроелементи	Гіркі, ПФ, ефірні олії, ПР, аскорбінова, ОргК, вітаміни, макро-, мікроелементи	Ефірні олії, ПФ, Пн, ОргК, вітаміни, макро-, мікроелементи	Клейковинні білки, крохмаль, цукри, амінокислоти, ліпіди, вітаміни групи В, солі Р, К, Mg, Ca

Для максимального збагачення ХБВ ПР, ПФ, ОргК, вітамінами, які більшою мірою представлені в плодкових фітодобавках і локалізовані в щільних оболонках, що важче подрібнюються і складають крупнішу фракцію фітопорошків, розглянуто можливість проведення попередньої вологотермічної і механічної обробки плодів і подальше використання їх у вигляді пюре.

Такий спосіб дав змогу частково нівелювати негативний вплив на споживчі властивості продукції, зокрема консистенція при розжовуванні була одно-

рідною, вироби мали кращі показники об'єму (П) та формостійкості (Ф), пористості і кислотності, проте відмічалось зниження білизни м'якушки, деякі зміни смаку та аромату виробів (рис. 1). Тому використання пюре плодкових фітодобавок рекомендовано при розробці виробів спеціального призначення з посиленими антитоксичними властивостями, а також у технології хліба із вмістом житнього борошна.

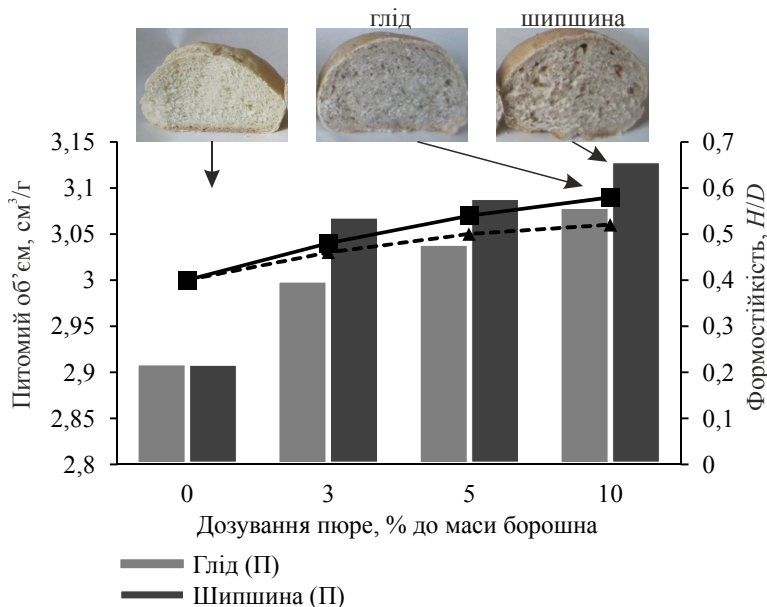


Рис. 1. Вплив пюре фітопорошків глуду та шипшини на якість пшеничного хліба

За спосіб формування заданих для хлібопечення функціонально-технологічних властивостей фітосировини, усунення зазначених недоліків обрано екстрагування з використанням як екстрагенту традиційних для хлібопечення рідин — води (В) та молочної сироватки (МС). При проведенні досліджень із встановлення раціональних параметрів приготування фітоекстрактів і виборі контрольованих показників враховували, що подрібнені фітодобавки — плоди, листя, трави, шишки суттєво різняться за будовою, дисперсністю, формою часточок, щільністю, гідродинамічними характеристиками шару сировини, хімічним складом і переліком технологічно значимих сполук, на вилучення яких спрямовано процес. За загальними підходами і специфічністю організації екстракційного процесу (табл. 2) запропоновано поділ ЛПАРС на групи: А-1 — плоди; А-2 — шишки хмелю; А-3 — трави, листя з основною діючою речовиною: А-3а — ефірні олії; А-3б — ПФ. Для кожної з цих груп виокремлено загальні характеристики та індивідуальні особливості вихідних властивостей подрібненої фітосировини, конкретизовано завдання даного етапу, встановлено групові раціональні параметри екстракційного процесу, які забезпечують формування заданих фізіологічних і функціонально-технологічних властивостей, названо основні вимоги до якості екстрактів.

**Таблиця 2. Організація процесу екстрагування і групові особливості формування функціонально-технологічних властивостей фітоекстрактів**

Характеристика сировини	Подрібнені фітодобавки		
	Плодові (група А-1)	Шишки хмелю (група А-2)	Трави, листя (група А-3а,б)
Досліджувані (раціональні*) параметри екстракційного процесу:			
вид екстрагенту	(Вода*), (МС*)	(Вода*), (МС*)	Вода, (МС*)
гідромодуль, мас. частин	(1:10*); 1:20; 1:30	1:40; 1:70; (1:100*); 1:150	(1:20*)
температура, °С	80; 90; (100*)	(100*)	80; (90*); 100
тривалість, хв	0; 15; (30*); 45; (60*); 90	30; 60; (90*); 120; 150	15; (30*); 45; 60
замочування, хв	(60*)	—	—
Властивості екстрактів, за якими визначали ефективність екстракційного процесу:			
загальні	Органолептичні показники, вихід СР, коефіцієнт виснаження сировини, активна і титрована кислотність, густина, в'язкість, поверхневий натяг екстрактів, мікробіологічні показники		
індивідуальні	Вміст цукрів, ПР, ПФ, ОргК в екстрактах, їх антиоксидантна активність, вплив на клейковину тіста та підйомну силу дріжджів	Концентрація ізогумулону, вміст гірких речовин, ПР, ПФ, ОргК, БА	Вміст ПФ, ПР, аскорбінової кислоти, оптична щільність (для м'яти), біологічна активність

Для фітопорошків шипшини і глоду (група А-1), в яких за рахунок високої щільності шару сировини, мілких пор у часточках, високого вмісту полісахаридів тощо, характерні складні гідродинамічні умови і низька ефективність екстрагування, важливим є проведення попереднього замочування. На формування технологічних властивостей плодкових фітоекстрактів суттєво впливає тривалість процесу: екстракти, отримані за 30 хв екстрагування, підвищували бродильну здатність дріжджів, у результаті вилучення за цей період дефіцитних для борошняних систем низькомолекулярних поживних речовин і біостимуляторів мікрофлори; в екстрактах при 60-хвилинному екстрагуванні посилюється здатність до укріплення клейковини, а властивості біостимуляторів дріжджів знижуються, що пов'язано з вищим переходом у розчин ПР, ПФ, дубильних речовин — сполук, здатних до взаємодії з білками тіста. Рекомендовані параметри екстрагування хмелю (група А-2) обрані для забезпечення інтенсивної ізомеризації  $\alpha$ -гірких смол, флавоноїдів хмелю, і більш ефективного переходу ізогумулонів та ізоксантогумолів в екстракт, часткового вилучення летких сполук, які зумовлюють формування цінних фізіологічних і технологічних властивостей. Запропоновані раціональні параметри екстрагування фітопорошків групи А-3а, А-3б — температура 90° С та тривалість 30 хв при інтенсивнішому вилученні флавоноїдів, ПР, дубильних речовин, ефірних олій молочною сироваткою, що підтверджує її сорбційні властивості.

Серією пробних випікань пшеничного хліба, контролю властивостей напівфабрикатів, оцінки органолептичних і фізико-хімічних характеристик про-

дукції, її мікробіологічної стабільності при зберіганні комплексно визначенні функціонально-технологічні властивості фітоекстрактів, встановлено дозування фітоекстрактів: раціональні, що забезпечують покращення якості продукції; гранично допустимі для коригування фізіологічної цінності ХБВ (табл. 3).

**Таблиця 3. Підходи до використання фітоекстрактів для вирішення технологічних проблем хлібопечення**

Показники та критерії поділу	Фітоекстракти									
	хмелю	глоду ( $\tau_{\text{екстр}}=30$ хв)	глоду ( $\tau_{\text{екстр}}=60$ хв)	шипшини ( $\tau_{\text{екстр}}=30$ хв)	горобини звичайної	шипшини ( $\tau_{\text{екстр}}=60$ хв)	кропиви	м'яти	меліси	шавлії
За впливом на фізичні властивості тіста	Б-І	Б-ІІ	Б-І	Б-ІІ	Б-ІІ	Б-І	Б-ІІІ	Б-ІІІ	Б-ІІ	Б-ІІ
За змінами перебігу бродіння тіста	В-І/ В-ІІІ	В-І	В-ІІ	В-І	В-ІІ	В-ІІ	В-І	В-ІІ	В-ІІ	В-ІІ
За антимікробною активністю	Г-І/ Г-ІІ	Г-ІІІ	Г-ІІІ	Г-ІІІ	Г-І/ Г-ІІ	Г-ІІІ	Г-ІІІ	Г-ІІ	Г-ІІ	Г-ІІ
За змінами традиційних ознак ХБВ	Д-ІІ	Д-І	Д-І	Д-ІІ	Д-ІІ	Д-ІІ	Д-ІІ	Д-ІІІ	Д-ІІІ	Д-ІІ
Дозування екстрактів, % до маси борошна:										
раціональні (В)	30	45	45	30	30	30	10	10	15	10
граничні (В)	заміна всієї води			45	45	45	45	15	20	15
раціональні (МС)	20	15	15	15	15	15	10	15	15	15
граничні (МС)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Для ефективного використання в хлібопеченні і вирішення проблем галузі доведено доцільність поділу фітоекстрактів за критеріями впливу на якість хлібопекарських напівфабрикатів і ХБВ та перебіг технологічного процесу. Так, за функціонально-технологічними властивостями виокремлено такі групи фітоекстрактів: Б) за критеріями впливу на фізичні властивості тіста: група Б-І — поліпшувачі тіста і ХБВ зі слабого борошна, які дають змогу збільшити пружність клейковини на 21,1...36,8%, зменшити її розтяжність на 22,0...35,0%; посилити водопоглинання на 3,8...5,2%; подовжити тривалість стабільності тіста, зменшити його розрідження під час замісу та після ферментації впродовж 180 хв відповідно на 20,8...35,0 і 17,1...21,9%; Б-ІІ — не зумовлюють суттєвих змін і не потребують коригування параметрів технологічного процесу при переробці борошна з середніми хлібопекарськими властивостями; Б-ІІІ — інтенсифікують процеси дезагрегації і розрідження тіста; В) за впливом на інтенсивність процесів приготування тіста, біотехнологічні характеристики хлібопекарських напівфабрикатів: група В-І — перспективні біостимулятори дріжджів, інтенсифікатори спиртового і молочнокислого бродіння, використання яких покращує підйомну силу дріжджів на 20,0...47,1%,



їх генеративні функції — на 27...50%, інтенсифікує бродіння на 17,4...60,0% в перші 90 хв і 17,9...23,6% на наступному етапі процесу; В-II — не викликають суттєвих змін у ході технологічного процесу; В-III — здатні гальмувати бродіння напівфабрикатів (в групу В-III віднесено екстракти горобини звичайної і хмелю, спрямованість впливу яких залежить від концентрації діючих речовин); Г) за антимікробною активністю: група Г-I — активні стосовно збудників мікробіологічного псування ХБВ при резистентності в певних концентраціях бродильної мікрофлори; група Г-II — із загальними антисептичними властивостями; Г-III — не проявляють антимікробної активності; Д) залежно від впливу фітоекстрактів на органолептичні показники продукції група Д-I, що не викликають змін традиційних характеристик продукції при внесенні в гранично допустимих дозуваннях; Д-II — залежно від дозувань можуть зумовлювати набуття нехарактерних органолептичних ознак; Д-III — надають виробам оригінальні притаманні фітосировині смак, аромат або колір м'якушці.

За результатами комплексної оцінки технологічної ефективності використання фітоекстрактів різних груп, їх впливу на перебіг колоїдних, біохімічних, мікробіологічних процесів приготування та якість продукції встановлено раціональні способи тістоприготування, рекомендовані дозування й етапи внесення, необхідні коректування параметрів технологічного процесу (табл. 4), що стало підґрунтям для розробки практичних заходів зі стабілізації та підвищення якості ХБВ у сучасних динамічних умовах виробництва.

Підтверджено зміцнювальний вплив фітоекстрактів групи Б-I під час замісу тіста та його бродіння за різних способів тістоприготування. При цьому доцільно подовження тривалості замісу тіста на 3,5...4,0 хв для формування заданих структурно-механічних властивостей. Встановлено зменшення розпливання тістових заготовок, виготовлених зі слабого борошна, впродовж усього технологічного процесу на 18,6...29,9%. Крім того, за рахунок інтенсифікації бродіння тісто швидше набуває необхідних біотехнологічних властивостей, з'являється можливість скорочення тривалості його дозрівання на 30...60 хв при безопарному способі та на 20 хв при приготуванні на КМКЗ.

*Таблиця 4. Рекомендації і практичні рішення щодо використання фітоекстрактів*

Фіто-екстракти	Група	Призначення	Спосіб приготування тіста		Етап внесення		Дозування, % до маси борошна	
							В	МС
1	2	3	4		5		6	7
глоду*	Б-I	Регулювання фізичних властивостей тіста	Безопарний, на КМКЗ		в тісто (ТО)		45	15
шипшини*							30	15
хмелю							30	15
глоду**	В-I	Інтенсифікація бродіння, покращення властивостей бродильної мікрофлори	1) безопарний на АПД	2) на АПД і густій опарі (ГО)	1) в АПД + ТО	2) в АПД + ГО + ТО	1) 5 <sup>АПД</sup> + 25 <sup>ТО</sup>	1) 5 <sup>АПД</sup> + 10 <sup>ТО</sup>
шипшини**							2) 5 <sup>АПД</sup> + 10 <sup>ГО</sup> + 25 <sup>ТО</sup>	2) 5 <sup>АПД</sup> + 10 <sup>ГО</sup>
хмелю			Безопарний		в ТО		—	15
кропиви			Безопарний		в ТО		—	15

1	2	3	4	5	6	7
хмелю	Г-I	Коректування видового складу і якості заквасок	КМКЗ	в КМКЗ	3,5	4,0
			РПСЗ	в РПСЗ	6,8	5,1
хмелю	Г-II	Гальмування або запобігання мікробіологічному псуванню продукції	Безопарний, прискорені на КМКЗ, опарні	в ТО	30	15
горобини зв.					30	15
шавлії					15	—
меліси					15	15
м'яти					10	15

**Примітка:** \*; \*\* — тривалість екстрагування відповідно 60\* і 30\*\* хв; КМКЗ — концентрована молочнокисла закваска; АПД — активовані пресовані дріжджі; РПСЗ — рідка пшенична спонтанна закваски

За наявності фітоекстрактів групи В-I на стадії активації пресованих дріжджів за 60—90 хв відмічено збільшення біомаси дріжджів на 10,5...15,6%, покращання бродильної активності тіста з АПД на 11,8...28,6% порівняно з АПД на воді. Можливим є скорочення тривалості дозрівання тіста при безопарній технології до 60...90 хв. При внесенні АПД в опару число дріжджових клітин перевищує контроль на 38...64%, опара і тісто дозрівають протягом 190...220 хв замість 300...360 хв в контролі.

Використання екстрактів хмелю групи Г-I при приготуванні поживних середовищ для поповнення пшеничних заквасок у розвідному і виробничому циклах дає змогу забезпечити пригнічення розвитку сторонньої і шкідливої мікрофлори, створити кращі умови для розмноження технологічно значимої мікрофлори, стабілізувати біотехнологічні властивості напівфабрикатів. Це надає можливість запропонувати підприємствам, для яких характерні відсутність антисептичних умов, контамінація сировини сторонньої мікрофлорою, коливання температур тощо, технологію рідких пшеничних спонтанних заквасок (РПСЗ) із хмелевими екстрактами, а також рекомендації щодо стабілізації якості КМКЗ з 80 діб у контролі до 160 (хміль-В) і 180 (хміль-МС) діб.

У результаті лабораторного випікання підтверджено, що використання фітоекстрактів за різних умов виробництва дає змогу покращити якість ХБВ, гальмувати процеси, які зумовлюють їх черствіння і мікробіологічне псування (табл. 5).

Таблиця 5. Технологічна ефективність використання фітоекстрактів

Фітоекстракти	Покращання/стабілізація якості продукції, % до контролю					
	Фізико-хімічні показники				Збереження свіжості	Ознаки захворювань, через год
	Кислотність	Пористість	Питомий об'єм	Формостійкість		
1	2	3	4	5	6	7
Групи Б-I						
глоду, шипшини (В)*	+11,1...55,0 <sup>1</sup>	+4,5...7,8 <sup>1</sup>	+10,9...16,5 <sup>1</sup>	+34,5...72,0 <sup>1</sup>	+13,4...18,5 <sup>1</sup>	Δ/— ◆/—
глоду, шипшини (МС)*	+3,6...7,1 <sup>1</sup>	+4,8...5,1 <sup>1</sup>	+11,1...11,4 <sup>1</sup>	+43,8...53,1 <sup>1</sup>	+14,2...16,8 <sup>1</sup>	
хмелю (В)	+3,7...10,0 <sup>1</sup>	+3,7...4,7 <sup>1</sup>	+8,3...10,7 <sup>1</sup>	+24,1...39,4 <sup>1</sup>	+12,4 <sup>1</sup>	
хмелю (МС)	-3,6 <sup>1</sup>	+2,4 <sup>1</sup>	+6,2 <sup>1</sup>	+37,5 <sup>1</sup>	+14,2 <sup>1</sup>	

1	2	3	4	5	6	7
Групи В-I						
глоду (В)**	+7,1...21,7	+5,6...8,2	+3,1...14,3	+7,2...44,4	+9,0...12,5	Δ/96; ♦ / —
шипшини (В)**	+26,7...52,2	+2,8...5,5	+1,1...8,5	+10,9...51,1	+2,4...9,8	Δ / —; ♦ / —
глоду, шипшини (МС)**	-3,3...+28,6	+0,7...6,8	+3,1...18,4	+1,8...23,5	+8,4...21,4	Δ / —; ♦ / —
хмелю (В)	~	+2,8...4,1	+6,2...9,5	+2,2...11,1	+3,5...12,7	Δ / —; ♦ / —
хмелю (МС)	+6,7...13,3	+2,7...8,3	+12,5...16,4	+1,8...15,7	+7,8...19,6	Δ / —; ♦ / —
кропиви (МС)	+2,9...6,5	+5,9...7,1	+9,6...11,0	+1,4...6,2	~	Δ / 48; ♦ / —
Групи Г-I						
хмелю (В)	до +5,9	+7,4...10,3	+14,3...15,7	+6,3...14,6	до +7,1	Δ / 144; ♦ / —
хмелю (МС)	+5,6...14,7	+8,8...13,2	+17,1...20,1	+12,5...18,8	до +10,1	Δ / 168; ♦ / —
горобини (В)	+1,6...3,5	+6,2...7,6	+8,5...9,2	+11,2...13,2	до +4,3	Δ / —; ♦ / —
горобини (МС)	+2,4...4,9	+5,8...6,1	+11,4...14,5	~	до +6,5	Δ / —; ♦ / —
Групи Г-II						
шавлії	до +3,3	~	до +2,2	~	-2,6	♦ / 48; Δ / —
меліси	+3,3...16,7	+2,1...3,3	+5,4...11,0	до +8,3	+9,8...10,4	♦ / 72; Δ / —
м'яти	-3,6...+10,0	+2,4...4,7	+6,2...10,7	+24,1...39,4	+12,4...14,2	— / —

**Примітка:** 1 — порівняно з контролем зі слабого борошна; \* — тривалість екстрагування 60 хв; \*\* — тривалість екстрагування 30 хв; Δ — ознаки пліснявіння; ♦ — ознаки картопляної хвороби; Δ / —; ♦ / — — відповідно до ознаки пліснявіння, картопляної хвороби не виявлені; ~ — суттєвих змін не встановлено.

Органолептичні і фізико-хімічні показники пшеничного хліба за рекомендованими способами приготування тіста при внесенні фітоекстрактів суттєво покращувались. При переробці слабого борошна зростав об'єм виробів з вмістом фітоекстрактів групи В-I на 6,2...16,5%, формостійкість — на 24,1...72,0%. Використання фітоекстрактів групи В-I при можливості скорочення тривалості технологічного циклу на 15...40% за умови переробки борошна із середніми хлібопекарськими властивостями забезпечує покращення зазначених показників продукції відповідно на 1,1...18,4 і 1,4...51,1%.

Вироби з фітоекстрактами довше зберігали свіжість, були стійкішими до мікробіологічного псування, ознаки шкідливої мікрофлори не зафіксовані при зберіганні в провокуючих умовах протягом 168 год або з'являлись значно пізніше, ніж у контролі. Для порівняння в останньому ознаки картопляної хвороби було виявлено через 36 год зберігання, а пліснявіння — через 48 год. Доведено високу ефективність фітоекстрактів групи Г-I і Г-II з антисептичними властивостями у попередженні мікробіологічного псування продукції при незначних змінах її фізико-хімічних характеристик.

Розроблено технологію пшеничного хліба на РПСЗ з хмелевими екстрактами (групи Г-I), формування якості якого забезпечується активністю природної мікрофлори. За смаком, ароматом, зовнішнім виглядом, фізико-хімічними показниками, стабільністю при зберіганні, засвоюваністю вироби суттєво перевищували хліб, отриманий за опарною технологією, а також виготовлений на промисловій сухій заквасці «O-Tentic Durum» (фірма «Puratos»).

Фізико-хімічними методами «in vitro» підтверджено високу біологічну активність фітоекстрактів, посилення з їх включенням здатності ХБВ із пшеничного борошна позитивно впливати на стан редокс-пар, підтримувати величину  $NAD \cdot H_2 / NAD$ , запобігати негативним змінам клітинних структур у результаті окиснення. Найвищі показники БА характерні для виробів із вмістом екстрактів хмелю, глоду і шипшини в 2,0...2,4 раза порівняно з контролем.

Медико-біологічними дослідженнями доведено безпечність ХБВ з фітоекстрактами, виявлені позитивні зміни в роботі системи антиоксидантного захисту лабораторних щурів, в раціон яких включено хліб із вмістом фітоекстрактів хмелю, глоду і шипшини, показано відсутність негативних змін у функціонуванні організму, побічних ефектів у роботі серцево-судинної й нервової систем. У продукції з пюре й екстрактами глоду встановлено радіопротекторні властивості, здатність знижувати накопичення важких металів в органах і тканинах тварин, прискорювати їх виведення з організму у 7,0 та 4,5 раза відповідно, нейтралізувати негативний вплив, зокрема кардіотоксичну дію. За фізіологічними властивостями фітоекстрактів запропоновано виокремити групи, перспективні для отримання ХБВ спеціального спрямування, посилення/надання заданої профілактичної дії: група Е-I — хміль та інші фітодобавки з антиоксидантною активністю для ХБВ з підвищеними профілактичними властивостями; група Е-II — глід та інші пектинвмісні фітодобавки для створення ХБВ із захисними властивостями, зокрема рекомендовані при контактуванні з важкими металами.

Основні результати дослідження (рис. 2) знайшли впровадження в технології ХБВ для вирішення основних проблем і завдань галузі. Запропоновано рекомендації щодо удосконалення існуючих технологій ХБВ та покращення їх якості, вирішенню низки проблем за рахунок потенціалу фітоекстрактів. Розроблено інструкції з використання фітоекстрактів Б-I для стабілізації якості ХБВ, збільшення виходу та скорочення тривалості дозрівання тіста на 15...25% при переробці слабкого і середнього за силою борошна. Удосконалено спосіб активації пресованих дріжджів (АПД) з включенням фітоекстрактів групи В-I та технологію хліба і булочних виробів на АПД, що дає змогу при економії витрат енергії зі скороченням тривалості дозрівання тіста на 25...40% отримати продукцію з високими споживчими характеристиками, стабільнішу при зберіганні. Розроблено рецептури і технологічні параметри КМКЗ, рідких пшеничних спонтанних заквасок з використанням фітоекстрактів групи Г-I, приготування на їх основі ХБВ високої якості та стабільнішої до мікробіологічного псування. Запропоновано рецептури, технологічні параметри виробництва хліба у булочних виробів з оригінальними органолептичними характеристиками, розширено асортимент продукції більш стійкої при зберіганні.

Проведено промислову апробацію та комплекс заходів із впровадження розроблених технологій ХБВ на вітчизняних підприємствах галузі.

Інвестиційна привабливість удосконалених технологій полягає у простоті й ефективності вирішення проблем галузі при можливості заміни фітосиро-

виною дорогих і потенційно шкідливих для здоров'я людини хлібопекарських поліпшувачів, наявність яких у складі продукції є першопрчиною відмови від її покупки. Конкурентоспроможність розроблених ХБВ підвищується за рахунок привабливості для споживачів за якістю, безпечністю, посиленими загальнозміцнювальними, захисними властивостями при збільшенні виходу продукції, технологічності і зменшенні повернень з торговельної мережі в результаті сповільнення черствіння та зменшення ризиків мікробіологічного псування. Соціальне значення розроблених технологій полягає у підвищенні доступності споживачів до якісних, безпечних ХБВ із затребуваними сучасністю харчовою цінністю і фізіологічною дією. Їх впровадження дає змогу відповідно коригувати раціони широких верств населення.

### Висновки

Таким чином, доведено ефективність використання фітоекстрактів для подолання проблем і завдань хлібопечення, розроблено класифікацію фітосировини за підходами до організації її підготовки (критерій А); за технологічним завданням (критерії Б, В, Г); за асортиментною направленістю (критерій Д); за безпечністю і фізіологічною дією (критерій Е). Запропоновано практичні рішення зі стабілізації, покращення якості продукції: за умов погіршення властивостей сировини (сили борошна, біохімічних характеристик, підвищеної мікробіологічної контамінації) шляхом регулювання структурно-механічних характеристик тіста з використанням фітоекстрактів групи Б-І, покращення біотехнологічних показників напівфабрикатів — групи В-І, Г-І і запобігання псуванню ХБВ — група Г-ІІ; при впровадженні прискорених технологій за рахунок удосконалення способу активації дріжджів, інтенсифікації й підвищення економічності спиртового і молочнокислого бродіння, покращення біотехнологічних характеристик тістових напівфабрикатів — група В-І, коригування видового складу й активності мікрофлори пшеничних заквасок — група Г-І.

Показано, що ЛПАРС є цінною сировиною для розширення асортименту ХБВ, зокрема виробництва лінійки «преміум-класу» на хмелевих пшеничних спонтанних заквасках (група Г-І), продукції з оригінальними органолептичними характеристиками та цінними фізіологічними властивостями за рахунок включення нових природних інгредієнтів групи Д-ІІІ, виробів профілактичного спрямування, здатної зберігати здоров'я людини, запобігати поширенню неінфекційних, «екологічно» зумовлених і професійних захворювань (група Е-І, Е-ІІ).

### Література

1. Васильченко А.В. Хлебный бизнес: новые реалии — новые задачи [Электронный ресурс] / А.В. Васильченко // Хлебный и кондитерский бизнес. — 2014. — № 8. — Режим доступа : [http://ukrhlbiprom.org.ua/ua/publikacii/jurnal\\_hlebniy-i-konditerskiy-biznes\\_8-oktyabr-2014.html](http://ukrhlbiprom.org.ua/ua/publikacii/jurnal_hlebniy-i-konditerskiy-biznes_8-oktyabr-2014.html).
2. Бойко І.А. Дослідження ризиків підприємств хлібопекарської галузі України [Текст] / І.А. Бойко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. — 2015. — № 12. — С. 73—77.

3. *Навольська Н.В.* Дослідження ринку хліба і хлібобулочних виробів в Україні [Текст] / Н.В. Навольська // Вісник Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського. — 2016. — № 11. — С. 438—441.
4. *Федорова Т.В.* Конкурентоспроможність переробних підприємств агропродовольчого підкомплексу та чинники її підвищення в умовах трансформації економіки [Текст] / Т.В. Федорова // Економіка та управління підприємствами. — 2017. — № 9. — С. 690—697.
5. Венская декларация по питанию и неинфекционным заболеваниям в контексте политики «Здоровье-2020» [Текст]. — Вена : ЕРБ ВОЗ, 2013. — 6 с.
6. План действий в области пищевых продуктов и питания на 2015—2020 гг. [Текст]. — Копенгаген : ЕРБ ВОЗ, 2014. — 24 с.
7. Здоровье-2020: основы европейской политики в поддержку действий всего государства и общества в интересах здоровья и благополучия [Текст]. — Мальта : ЕРК ВОЗ, 2012. — 18 с.
8. *Жулінська О.В.* Визначення нормативних параметрів якості і безпечності функціональних харчових продуктів [Текст] / О.В. Жулінська, К.В. Сідло, Б.А. Половін // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2017. — Том 23, № 2. — С. 217—225.
9. *Іоргачова К.Г.* Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок [Текст] / К.Г. Іоргачова, Т.Є. Лебеденко. — Київ : К-Прес, 2015. — 464 с.
10. *Ковалева А.В.* Совместное использование фитодобавок и пробиотиков в технологии хлебобулочных изделий, обладающих антимикробными и антиоксидантными свойствами [Текст] / А.В. Ковалева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2016. — №1(36) — С. 70—72.

## FEATURES OF USING NAKED GRAIN OATS AND HULLESS BARLEY FOR DEVELOPING NEW HIGH QUALITY GRAIN BASED FOOD

D. Zhygunov, S. Sots, I. Kustov

*Odessa National Academy of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Naked oats*  
*Hull-less barley*  
*Groats*  
*Flakes*  
*Mixtures of groats and flakes*  
*Modes of processing*  
*Scheme of processing*  
*Chemical composition*

---

**Article history:**

Received 17.09.2017  
Received in revised form  
06.10.2017  
Accepted 31.10.2017

---

**Corresponding author:**

I. Kustov

**E-mail:**

i.kustov1988@gmail.com

---

**ABSTRACT**

In the article the grinding, water-heat treatment and their influence on the output of the grinding and ivy core are investigated. During the research, a technological scheme for the processing of bacon oatmeal and bacon barley into grains, flakes, blends of cereals and cereals was developed. The technology includes purification of grain from impurities, water-heat treatment, grinding, sorting of grinding products, water-heat treatment of polished core, mixing, rolling drying and control of finished products. Due to differences in characteristics, especially in the form of grain, the processing of lobster oats and lobster barley is carried out without fractionation on two parallel lines. Grains are cleaned of impurities and, if necessary, (humidity of grain less than 12%) are directed to the stage of water-heat treatment, where it is moistened with warmed up to 60° C water to a humidity of not more than 14% and sent for grinding. The recommended production regimes allow you to get groats and flakes that store high levels of biologically active substances — protein (up to 15%),  $\beta$ -glucans (up to 7%), which in turn can be used as a cereal basis for further production of cereals products.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-25

---

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОЗЕРНОГО ВІВСА ТА ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЮ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ ВИСОКОЯКІСНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ НА ЗЕРНОВІЙ ОСНОВІ

Д.О. Жигунов, С.М. Соц, І.О. Кустов

*Одеська національна академія харчових технологій*

*У статті досліджено режими шліфування, воднотеплової обробки і їх вплив на вихід шліфованого і плющеного ядра. В ході проведення досліджень розроблено технологічну схему переробки голозерного вівса та голозерного ячменю в крупи, пластівці, суміші круп і пластівців. Технологія включає очищення зерна від домішок, воднотеплову обробку, шліфування, сортування*

продуктів шліфування, воднотеплову обробку шліфованого ядра, змішування, плющення підсушування та контроль готової продукції. Завдяки відмінності в характеристиках, особливо формі зерна, переробку голозерного вівса та голозерного ячменю здійснюють без фракціонування на двох паралельних лініях. Зерно очищують від домішок та при необхідності (вологість зерна менше 12%) направляють на етап воднотеплової обробки, де його зволожують підігрітою до 60° С водою до вологості не більше 14% та направляють на шліфування. Рекомендовані режими виробництва дають змогу отримати крупи та пластівці, що зберігають підвищений вміст біологічно активних речовин — білка (до 15%),  $\beta$ -глюканів (до 7%), які, у свою чергу, можливо використовувати як круп'яну основу для подальшого виробництва зернових продуктів.

**Ключові слова:** голозерний овес, голозерний ячмінь, крупа, пластівці, суміші круп і пластівців, режими переробки, технологічна схема, хімічний склад.

**Постановка проблеми.** Овес та ячмінь є важливими півчастими культурами, які широко використовують у різних галузях харчової промисловості при виробництві круп, пластівців, продуктів швидкого приготування, пива. Завдяки наявності в зерні значної кількості білка,  $\beta$ -глюканів, вітамінів їх також використовують для виробництва продуктів спеціального та функціонального призначення [1—5].

Продукти переробки вівса в Україні за останні десятиліття стали традиційними для більшості населення, але його переробка за існуючими традиційними технологіями за рахунок використання складного технологічного процесу не дає змоги використовувати весь закладений природою потенціал вівсяного зерна. Технологічні процеси переробки півчастого вівса є одними з найбільш складних у круп'яному виробництві і включають у себе воднотеплову обробку методом гарячого кондиціонування, лушення на декількох системах, сортування продуктів лушення, складне круповідділення, шліфування тощо. Все це призводить до значної енергозатратності технології та необхідності значних виробничих площ для її реалізації.

Виробництво ячмінних продуктів потребує використання 4 луцильних систем, 3 шліфувальних систем, 3 полірувальних системи, 5 сортувальних систем і 7 систем контролю ядра на різних етапах у повітряних сепараторах. Для виробництва круп ячної передбачено 4 системи для подрібнення шліфованого ядра та додаткова шліфувальна систему для продуктів подрібнення середньої фракції. Складний технологічний процес призводить до того, що із зерна ячменя видаляється значна частина корисних для організму людини речовин — білків, жирів, харчових волокон, мінеральних речовин тощо.

Основою для створення нових продуктів харчування із покращеними властивостями є, як правило, нові спеціально виведені селекціонерами зернові культури. Серед нових яких можна виділити голозерні форми ячменю та вівса [6—7].

C.V. Helm та A. de Francisco [8] показали, що масова частка білка в зерні голозерного ячменю складає 13—16%, що значно переважає його кількість у



плівчастому зерні 11—13%. Як відомо, серед інших культур зерно ячменю містить найбільшу масову частку  $\beta$ -глюканів — 3,5—5,7%, в той же час дані досліджень Y.L. Yin та інших [9], свідчать про більшу масову частку  $\beta$ -глюканів в зерні голозерного ячменю — 4,0—7,0%. А. Wilhelmsen та інші [11], проводячи дослідження плівчастого вівса сорту «Veli» та голозерного сорту «Lisbeth», встановили більшу масову частку білка в голозерному зерні 18,4% порівняно з 12,3% у плівчастому. Порівнюючи  $\beta$ -глюкани в голозерних і плівкових сортах вівса (необробленому зерні), А. Gajdosova та інші [12] встановили майже вдвічі більшу масову частку даної речовини у складі голозерного вівса (3,9—7,5%) порівняно з плівчастим (2,0—4,1%).

В Україні зерно голозерного ячменю є відносно новою культурою, яка широко не використовується для виробництва круп'яних продуктів. Виведенням продовольчих сортів голозерного ячменю займається Одеський селекційно-генетичний інститут. За останні роки на його базі під керівництвом д.б.н. О.І. Рибалки виведено сучасні продовольчі сорти голозерного ячменю: «Ахіллес» і «Гладіатор», сорт ячменю «Ахіллес» вже занесений до «Реєстру...» [13]. Зерно голозерного вівса, незважаючи на його наявність у нашій країні протягом 10—15 років, не використовується для виробництва харчових продуктів. Це пов'язано передусім з відсутністю регламенту, а також з тим, що здійснення переробки цього сорту вівса за існуючими технологіями, навіть при виключенні з технологічного процесу певних операцій, не призводить до бажаного ефекту.

**Мета досліджень:** визначення основних режимів переробки зерна голозерного вівса та голозерного ячменю в круп'яні продукти та розроблення структури їх переробки в крупи та плющені продукти з підвищеним вмістом біологічно активних речовин.

**Матеріали і методи.** Для досліджень обрано голозерний овес сортів «Саломон» і Самуель та сорт голозерного ячменю «Ахіллес». Зерно голозерного ячменю характеризувалось вмістом білка 14,6—15,8%,  $\beta$ -глюканів — 6,8—7,4%, жиру — 2,1—3,8%, крохмалю — 57,6—60,5%, зольністю — 2,3—2,7%. Голозерний овес вмщував білка — 14,9—15,4%,  $\beta$ -глюканів — 6,4—6,9%, жиру — 6,0—6,3%, крохмалю — 59,3—61,6% та золи — 2,1—2,3%.

Для розробки нових продуктів із голозерного вівса та голозерного ячменю головним завданням є визначення режимів, при яких крупи та пластівці, маючи приємні споживчі властивості, зберігатимуть максимальну кількість біологічно активних речовин. Для цього у лабораторних умовах проводили дослідження впливу режимів шліфування та режимів вологотеплової обробки (ВТО) зерна перед плющенням на вихід ядра (крупи) та зміни масових часток золи, білка та  $\beta$ -глюканів.

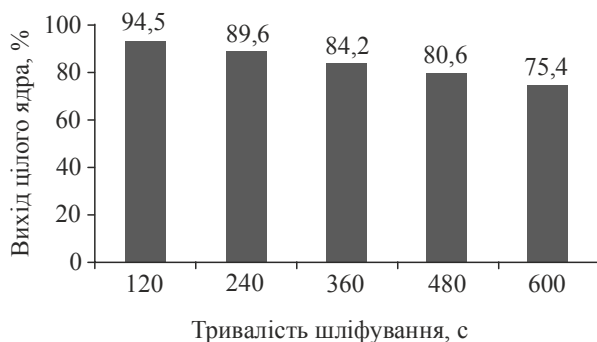
Перед шліфуванням зерно голозерного вівса та голозерного ячменю зволожували до вологості 12—14% та відволожували 8—12 год. Шліфування вівса та ячменю проводили в лабораторній луцильно-шліфувальній машині, яка використовує метод інтенсивного стирання оболонки. Зразки голозерного вівса лушили з 30 до 180 с зі зміною інтервалу 30 с, голозерний ячмінь з 120 до 600 с зі зміною інтервалу 120 с. Шліфоване ядро зволожували до вологості 15—17%

(для вівса) та 20—22% (для ячменю), після чого відволожували 1—4 год. Пропарювання вівсяного та ячмінного ядра проводили у лабораторному пропарювачі періодичної дії ВК-30. Ядро пропарювали при тиску пари 0,10 МПа протягом 120—300 с, після чого направляли на плющення. Плющення проводили у лабораторному млині «Nagema» на мікрошорстких вальцях, міжвальцьовий зазор встановлювали 0,3—0,5 мм. Сушіння круп і плющених продуктів після пропарювання та плющення проводили у лабораторній сушарці, яка працює на «киплячому шарі».

Вміст білка в зерні визначали відповідно до ГОСТ 10846-91, вміст жиру — ГОСТ 29033-91, вміст крохмалю — ГОСТ 10845-98, вміст золи — ГОСТ 10847-74.

**Викладення основних результатів дослідження.** Основним етапом у переробці голозерного ячменю та голозерного вівса є шліфування. Форма зерна ячменю та вівса сприяє нерівномірному розподілу зерна в робочій зоні луцильно-шліфувальної машини, в результаті утворюються подрібнені частинки, які відколюються від зерна. Процес шліфування таким методом впливає на перерозподіл співвідношень анатомічних частин зерна після шліфування, у яких розміщуються відповідні складові хімічного складу зерна.

Технологічно доцільною вологістю голозерного ячменю та голозерного вівса перед шліфуванням є 12—13% (рис. 1). Шліфування зерна з цією вологістю залежно від тривалості дає змогу отримувати вихід ядра в діапазоні 67—96%. Збільшення вологості перед шліфуванням до 14% значно не змінює меж значень виходу цілого ядра, шліфування зерна з низькою вологістю 10,5% призводить до надмірного подрібнення й утворення значної кількості вторинних продуктів і відходів у формі тонких частинок та борошенця.



**Рис. 1. Вихід цілого ядра при шліфуванні зерна голозерного ячменю з вологістю 12—13%**

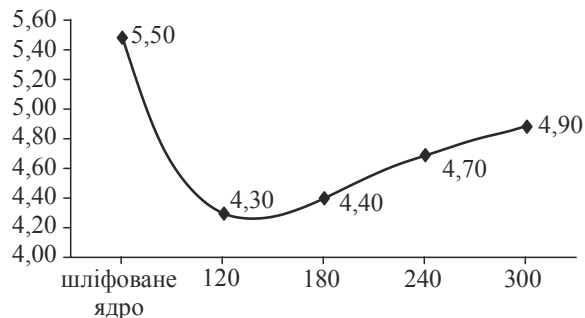
Залежно від досліджуваного режиму шліфування спостерігалось загальне зменшення масової частки золи (в зерні вівса — з 2,2 до 1,6%, в зерні ячменю — з 2,3 до 1,5%), що пояснюється видаленням високозольних поверхневих шарів зерна, а також зменшенням масової частки білка (в зерні вівса — з 15 до 12%, в зерні ячменю — з 16 до 11%) та масової частки  $\beta$ -глюканів (в зерні вівса — з 6,5 до 3,0%, в зерні ячменю — з 6,8 до 4,5%).

Незалежно від досліджуваних режимів шліфування в ядрі відбувається приріст масової частки крохмалю, що пояснюється збільшенням ендосперму при вилученні поверхневих шарів зерна при шліфуванні.

Шліфування зерна голозерного ячменю та голозерного вівса з вологістю 12—13% при більш м'яких режимах дає змогу отримувати шліфоване ядро із підвищеним виходом (75—94% для голозерного ячменю та 84—94% для голозерного вівса) та збільшеною на 1,5—2,0% масовою часткою білка та  $\beta$ -глюканів, при цьому зольність шліфованого ядра підвищується незначно і складає 2,3—2,4% для ячменю та 2,2—2,3% для вівса.

На наступному етапі досліджено режими підготовки шліфованого ядра до плющення. Технологічно доцільною вологістю шліфованого ядра перед пропарюванням є 15% і тиск пари в пропарювачі 0,10 МПа. Пропарювання при такому режимі дає змогу отримувати вихід плющеного ядра на рівні 84—93%. За органолептичною оцінкою отримана при такому режимі плющена крупа може бути віднесена до класичних плющених продуктів. Для шліфованого ядра голозерного ячменю найбільш доцільною вологістю ядра перед пропарюванням є 20% і тиск пари в пропарювачі 0,10 МПа. При плющенні підготовленого таким чином ядра вихід плющених продуктів складає 78—91%. За органолептичною оцінкою такі продукти являють собою плющену крупу.

Підготовка шліфованого ядра до плющення із застосуванням більш м'якого режиму ВТО дає змогу отримувати плющене ядро із більшою масовою часткою білка 12—14% та  $\beta$ -глюканів — 4,9—5,5% порівняно з традиційними продуктами (рис. 2).

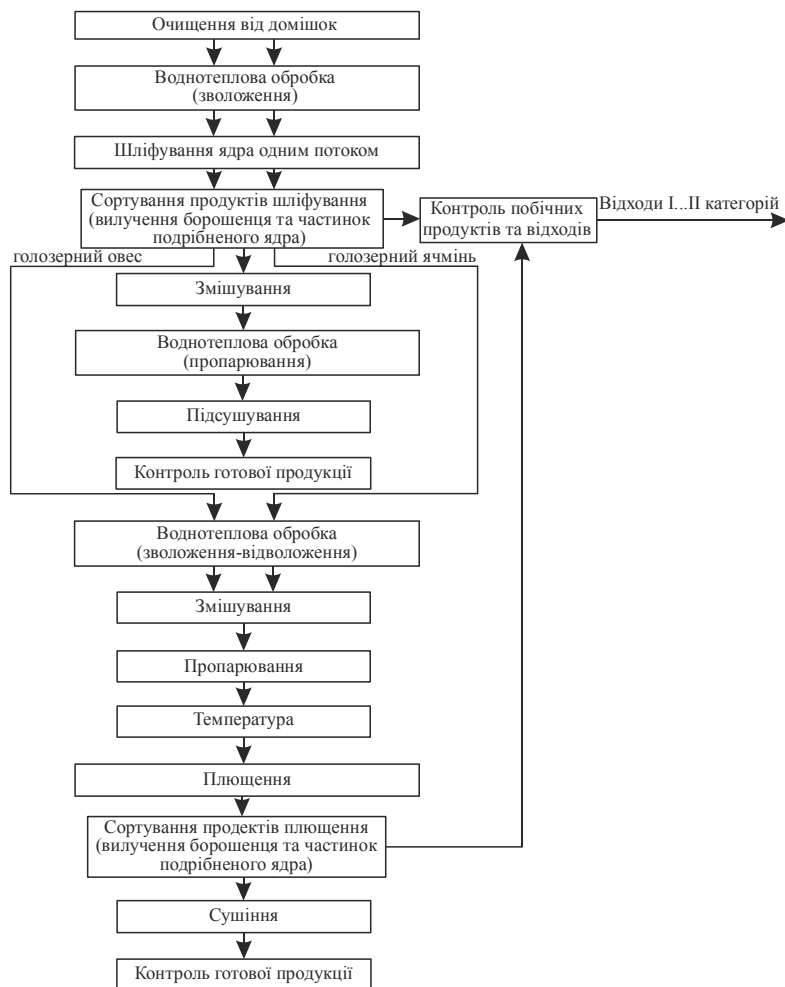


**Рис. 2. Зміна масової частки  $\beta$ -глюканів у плющеному ядрі, отриманому при пропарюванні шліфованого ядра при тиску пари 0,10 МПа**

На основі отриманих даних розроблено структуру переробки голозерного ячменю та голозерного вівса в круп'яні продукти, яка включає в себе очищення зерна від домішок, воднотеплову обробку зерна, шліфування, сортування продуктів шліфування, воднотеплову обробку крупи, змішування, плющення підсушування, контроль готової продукції (рис. 3).

Етап шліфування для обох культур здійснюють за принципом інтенсивного стирання оболонки. У результаті шліфування зерна голозерного вівса та голозерного ячменю утворюються продукти, які складаються з цілого ядра, частинок подрібненого ядра та борошениці. Для вилучення цілого ядра і

розділення на фракції (вилучення борошнця та частинок подрібненого ядра) її направляють у круп'яні розсійники. Далі при виробництві суміші декількох круп проводять змішування шліфованого ядра голозерного вівса та голозерного ячменю у заданих масових частках і направляють суміш на воднотеплову обробку. Крупу підсушують до вологості не більше 14% і направляють на контроль, який здійснюють на одній системі повітряних сепараторів, де проводять вилучення залишків борошнця.



**Рис. 3. Структурна схема виробництва круп і плюшених продуктів із голозерного вівса та голозерного ячменю**

При виробництві суміші декількох видів пластівців ціле ядро після шліфування надходить на воднотеплову обробку. Даний етап при виробництві пластівців здійснюють за комбінованою структурою холодного і гарячого кондиціонування, основним призначенням якого є забезпечення пластичних властивостей ядра. Після проведення воднотеплової обробки у заданих

масових частках проводять формування суміші, яку направляють на пропарювання. Плющення проводять на плющильних верстатах. Отримана суміш із плющених круп за органолептичними характеристиками повністю відповідає традиційним продуктам. Для вилучення частинок подрібненого ядра та борошенця, яке утворюється в незначній кількості при плющенні, суміш пластівців просіюють. Плющене ядро підсушують на стрічкових сушарках до вологості не більше 14%.

Рекомендовані режими виробництва дають змогу отримати крупи та пластівці, що зберігають підвищений вміст біологічно активних речовин — білка (до 15%),  $\beta$ -глюканів (до 7%).

### Висновки

Доведено високу ефективність використання голозерного вівса сортів «Саломон» і «Самуель» та голозерного ячменю сорту «Ахіллес» як сировини для виробництва круп'яних продуктів.

Особливістю розробленої схеми порівняно з існуючими технологіями виробництва аналогічних продуктів із ячменю та вівса є значне скорочення технологічного процесу — відсутні енергоємні етапи лушення, сортування продуктів лушення, круповідділення, шліфування із застосуванням декількох систем, що дає змогу проводити повний цикл виробництва на заводах малої продуктивності. При цьому застосування як сировини голозерного вівса та голозерного ячменю при рекомендованих режимах надає можливість збільшити вихід шліфованого та плющеного ядра в 1,5—1,7 раза порівняно з переробкою плівчастих культур.

Отримані окремі продукти завдяки використанню м'яких режимів шліфування і воднотеплової обробки характеризуються більшою порівняно з традиційними продуктами часткою білка та  $\beta$ -глюканів.

### Література

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. — Київ, 1998. — 164 с.
2. Шутенко С.І. Технологія круп'яного виробництва: навч. Посібник [Текст] / С.І. Шутенко, С.М. Соц. — Київ : Освіта України, 2010. — 272 с.
3. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна [Текст] / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. — Підручник. — Одеса : Друк, 2001. — 348 с.
4. ДСТУ 3769-98 Ячмінь. Технічні умови. Держсподивстандарт України, Київ: 1998. — 18 с.
5. Pomeranz Y. Functional properties of food components [Text] / Y. Pomeranz — San Diego, CA: Academic Press, 1991. — 560 p.
6. Aspinall G.O. Structural investigations on the non-starchy polysaccharides of oat bran / G.O. Aspinall, R.C. Carpenter // Carbohydrate polymers. — 1984. — № 4(4). — P. 271—282.
7. Peltonen-Sainio P. Characterising strengths, weakness, opportunities and threats in producing naked oats as a novel crop for northern growing conditions [Text] / P. Peltonen-Sainio, A.-M. Kirkkari, L. Jauhainen // Agricultural and Food Science. — 2004. — № 13. — P. 212—228.
8. Helm C.V. Chemical characterization of Brazilian hullless barley varieties, flour fractionation, and protein concentration [Text] / C.V. Helm, A. de Francisco // Scientia Agricola. — 2004. — Vol. 61, № 6. — P. 593—597.

9. *Yin Y.L.* Effects of supplementing diets containing hullless barley varieties having different levels of non-starch polysaccharides with  $\beta$ -glucanase and xylanase on the physiological status of the gastrointestinal tract and nutrient digestibility of weaned pigs [Text] / Y.L. Yin, S.K. Baidoo, L.Z. Jin, Y.G. Liu, H. Schulze, P.H. Simmins // *Livestock Production Science*. — 2001. — Vol. 71, № 2—3. — P. 109—120.

10. *Henry R.J.* Cereal Grain Quality [Text] / R. J. Henry, P. S. Kettlewell. — London UK: Chapman and Hall, 1996. — 488p.

11. *Wilhelmson A.* Development of a germination process for producing high  $\beta$ -glucan, whole grain food ingredients from oat [Text] / A. Wilhelmson, K.M. Oksman-Caldentey, A. Laitila, et al. // *Cereal chemistry*. — 2001. — Vol. 78, № 6. — P. 715—720.

12. *Gajdosova A.* The content of water-soluble and water-insoluble  $\beta$ -D-glucans in selected oats and barley varieties [Text] / A. Gajdosova, Z. Petrulakova, M. Havrlentova, et al. // *Carbohydrate Polymers*. — 2007. — № 70. — P. 46—52.

13. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні у 2015 році [Електронний ресурс]. — режим доступу : <http://www.ukragroconsult.com/partnerstvo/spravochnik/selskoehozyaistvo/gosudarstvennyi-reestr-sortov-rasteni-prigodnyh-dlya-rasprostraneniya-v-ukraine-v2015-godu/view>.

## NOMOGRAPH FOR DETERMINING DAILY HUMAN ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENTS

V. Makhynko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Protein  
Energy  
Standards  
Requirements  
Determination  
Device*

---

**ABSTRACT**

Nourishment is one of the most important components of life and health maintenance. There are physiological standards of human requirements for the main nutrients and energy for various consumer groups depending on gender, age and physical activity level. These data are given in tabular form which complicates their use for an unprepared user. Development of a nomograph which represents the above standards in graphical form would be a practical step. It is proposed to make the nomograph as a cube, four sides of which contain information about protein and energy requirements of various consumer groups. Simple structure of the device without moving parts will increase its reliability and durability, and graphical data representation will make the nomograph easy for independent use by various groups of users.

---

**Article history:**

Received 09.09.2017  
Received in revised form  
10.10.2017  
Accepted 30.10.2017

---

**Corresponding author:**

V. Makhynko

**E-mail:**

mavam78@gmail.com.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-26

---

## НОМОГРАФ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДОБОВОЇ ПОТРЕБИ ЛЮДИНИ В ЕНЕРГІЇ ТА БІЛКУ

В.М. Махінько

Національний університет харчових технологій

*Харчування є однією з найважливіших складових підтримання життя і здоров'я. Існують фізіологічні норми потреб людини в основних поживних речовинах і енергії для різних груп споживачів залежно від статі, віку та рівня фізичної активності. Ці дані наведено у табличному вигляді, що ускладнює роботу з ними непідготовленого користувача. Доцільним є розроблення номографа, що представлятиме зазначені норми у графічному вигляді. Запропоновано конструкцію номографа у вигляді куба, на чотирьох бічних гранях якого міститься інформація про білково-енергетичні потреби різних груп споживачів. Проста конструкція приладу без рухомих деталей підвищить надійність і довговічність його роботи, а графічне представлення даних робить номограф легким для самостійного використання різними групами користувачів.*

**Ключові слова:** білок, енергія, норми, потреби, визначення, прилад.

**Постановка проблеми.** Харчування є невід'ємною складовою людського існування. Повноцінні за енергетичною цінністю та збалансовані за основними поживними речовинами харчові раціони відіграють важливу роль у подовженні життя людини, підтримання її здоров'я та працездатності. Правильно організоване харчування зміцнює розумові та фізичні сили людини, запобігає розвитку аліментарних і неінфекційних захворювань, сприяє відновленню працездатності у випадку її зниження. Водночас захворювання, викликані порушеннями раціональних вимог харчування (білкова і білково-енергетична недостатність, залізодефіцитна анемія, ендемічний зоб, авітамінози), останнім часом посідають провідне місце серед хронічних хвороб населення світу [1].

Роль білка як незамінного компонента харчування є визначальною у забезпеченні повноцінного функціонування організму. Сучасна нутриціологія вказує на кілька важливих функцій білків: пластичну, енергетичну, регуляторну, каталітичну, транспортну, захисну, механічну, структурну, рецепторну та буферну [1; 2]. Також важливо враховувати, що лише за наявності достатньої кількості білка стає можливим найповніший прояв біологічних властивостей інших складових їжі. Недостатнє ж надходження білків призводить до суттєвих порушень у функціонуванні організму:

- знижується апетит і маса тіла, порушуються процеси травлення;
- збільшується втомлюваність, погіршується працездатність;
- ослаблення імунної системи підвищує ризик захворюваності;
- знижується активність ферментів;
- погіршується робота печінки, серцево-судинної та дихальної систем;
- знижується функціональна здатність статевого апарату.

Фізіологічною особливістю білків є їх нездатність накопичуватися в організмі людини, тому вони повинні бути щоденно наявні в раціоні харчування. Водночас тривале надлишкове споживання білків негативно впливає на роботу основних систем організму (насамперед печінки та нирок), порушує вітамінний обмін і може зумовити дефіцит кальцію. Видільна система людини, намагаючись вивести продукти неповного розщеплення білка, працюватиме в посиленому режимі, що може зумовити її виснаження. Тому важливо правильно визначати білкові потреби організму в різні періоди діяльності людини, споживаючи додаткову кількість білка в моменти значного фізичного напруження і зменшуючи кількість спожитого білка в періоди зниження фізичної активності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зважаючи на визначальну роль білкової складової у забезпеченні повноцінного харчового раціону, кожна країна розробляє і законодавчо затверджує орієнтовні норми споживання білка та інших харчових речовин. В Україні на сьогодні діють «Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» [3], затверджені ще 1999 року. Новітні медико-біологічні дослідження та результати Консультативних зборів експертів ФАО/ВООЗ [4; 5] свідчать, що чинні норми потребують перегляду і коригування. У 2017 р. фахівцями МОЗ запропоновано проект нових «Норм фізіологічних потреб населення України в



основних харчових речовинах та енергії». Серед основних інновацій — повернення до п'яти рівнів фізичної активності, збалансування норми споживання рослинних і тваринних білків (50:50, у чинних нормах 45:55), збільшення частки калорійності харчування, що буде задовольнятися за рахунок білків і жирів [6]. Наведені дані переконливо свідчать про важливість правильного визначення потреби кожної конкретної людини в білках і калорійності раціону, однак на сьогодні практично відсутні прості у користуванні пристрої для встановлення білково-енергетичних потреб організму залежно від віку, статі та рівня фізичної активності. У медично-оздоровчих закладах з цією метою застосовують застарілі моделі кругових номографів конструкції Попова, однак вони мають значні недоліки: велика насиченість цифровими даними ускладнює користування або вимагає великих розмірів приладу; не враховано потреби в білку та енергії людей, які мають диференційовану інтенсивність праці; градування приладу проведено з використанням застарілих фізіологічних норм.

**Мета дослідження:** зважаючи на важливість правильного підбору енергетичної цінності харчового раціону та кількості спожитого білка, розробити простий метод і зручний у користуванні прилад для самостійного визначення білково-енергетичних потреб людей різного віку, статі та рівня фізичної активності.

**Викладення основних матеріалів дослідження.** У чинних «Нормах фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» (табл. 1) наведено вимоги щодо вмісту основних нутрієнтів і калорійності харчових раціонів для дітей (поділених за показниками віку і статі на 11 категорій), дорослого населення та осіб похилого віку (поділених на 4 категорії за віком і статтю).

*Таблиця 1. Норми фізіологічних потреб дорослого населення України в білках та енергії [3]*

Група фізичної активності		I			II			III			IV		
		18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59
Чоло- віки	Енергія, ккал	2 450	2 300	2 100	2 800	2 650	2 500	3 300	3 150	2 950	3 900	3 700	3 500
	Білки, г	67	63	58	77	73	69	91	87	81	107	102	96
Жінки	Енергія, ккал	2 000	1 900	1 800	2 200	2 150	2 100	2 600	2 550	2 500	3 050	2 950	2 850
	Білки, г	55	52	50	61	59	58	72	70	69	84	81	78

Наведені у табл. 1 дані свідчать, що залежність енергетичних і білкових потреб від групи фізичної активності має лінійний характер, тому її можна представити у графічному вигляді (рис. 1). Додатковою перевагою графічного представлення даних є можливість без складних математичних розрахунків встановлювати норми потреб білка та енергії навіть для людей з диференційованою інтенсивністю праці.

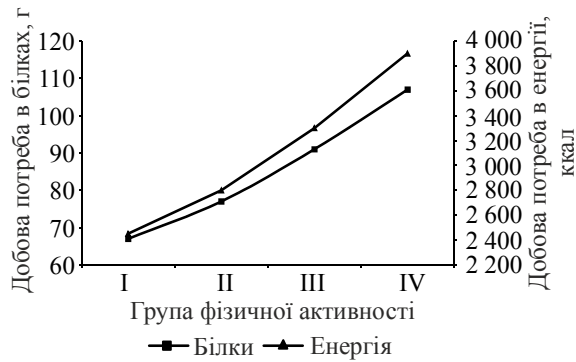


Рис. 1. Залежність білково-енергетичних потреб від рівня фізичної активності споживача

Для зручності й легкості користування номографом пропонується виконати його у вигляді куба, на трьох гранях якого буде графічно відображено білково-енергетичні потреби різних вікових груп, а на четвертій — у табличному вигляді наведено норми цих потреб для дітей і осіб похилого віку. На п'яту (верхню) грань буде нанесено довідкову інформацію щодо належності різних професій до певного рівня фізичної активності. Розгортка розробленого номографа наведена на рис. 2.

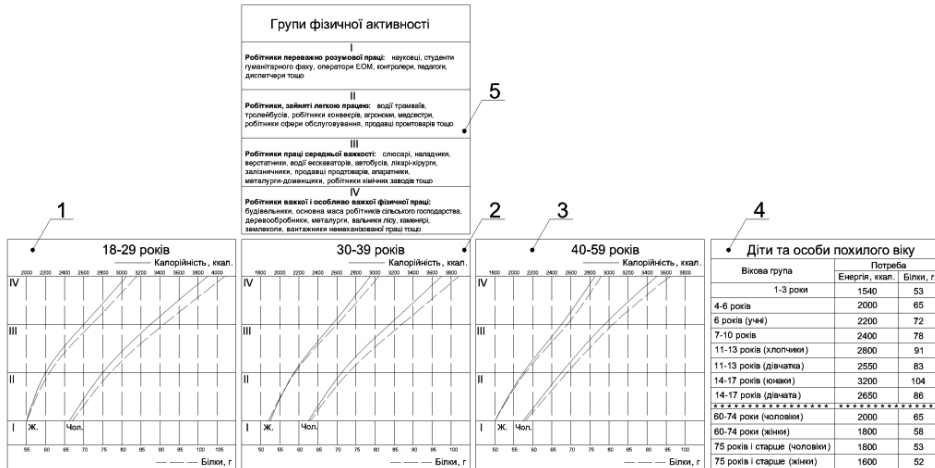


Рис. 2. Розгортка номографа для визначення білково-енергетичних потреб: 1, 2, 3 — графічне представлення норм споживання білка та енергії для осіб різного віку, 4 — табличне представлення потреб у білку та енергії для дітей і осіб похилого віку, 5 — класифікація професій за групами фізичної активності

Визначення фізіологічних потреб у білку та енергії різних груп споживачів проводиться так: якщо споживач — дитина чи підліток у віці від 1 до 17 років або людина похилого віку (понад 60 років), слід скористатися таблицею на бічній грані 4, встановивши потреби в енергії та білку на перетині рядка обраної вікової категорії та відповідних стовпчиків потреб. Якщо вік людини

від 18 до 59 років, визначають вікову категорію, до якої вона належить (18—29 років, 30—39 років чи 40—59 років), а також обирають (за допомогою таблиці на грані 5 куба) необхідну групу фізичної активності, враховуючи переважну зайнятість людини. З урахуванням статі знаходять на відповідному графіку дві точки на перетині прийнятої групи фізичної активності (I, II, III або IV) та зображених кривих (суцільна лінія — енергетичні потреби, штрихова — білкові). Проектуючи обрані точки на нижню і верхню осі графіка, встановлюють необхідну добову кількість відповідно білка (в грамах) та енергії (в кілокалоріях). Наприклад, необхідно визначити норми фізіологічних потреб у білках та енергії чоловіка віком 27 років, що працює водієм екскаватора. Оскільки цей вік входить у діапазон 18—29 років, для встановлення необхідних норм використовуємо грань куба 1. За допомогою верхньої грані 5 уточнюємо, що робота водія екскаватора належить до третьої групи фізичної активності. Використовуючи криві для чоловічої статі, знаходимо дві точки на перетині горизонтальної лінії, що відповідає групі фізичної активності та кривих потреб в енергії (суцільна лінія) й білку (штрихова лінія). Спроекувавши першу точку на верхню вісь, отримуємо норму калорійності раціону (3300 ккал). Провівши проекцію другої точки на нижню вісь, визначаємо фізіологічну потребу в білках (91 г).

### **Висновки**

Розроблений номограф, завдяки винесенню інформації на грані куба, забезпечує простоту використання і зручність пошуку необхідних цифрових даних щодо білково-енергетичних потреб людей різного віку, статі та рівня фізичної активності. Відсутність у пропонованій конструкції рухомих елементів і з'єднань підвищить надійність роботи та подовжить строк дії номографа. Наочність наведених даних дасть змогу використовувати його без потреби додаткового навчання і робить прилад придатним для самостійного визначення добової потреби людини в енергії та білку.

### **Література**

1. Гігієна харчування з основами нутріціології: Підручник. У 2 кн. — Кн. 1 / Т.І. Аністратенко, Т.М. Білко, О.В. Благодарнова та ін.; За ред. проф. В.І. Ципріяна. — Київ : Медицина, 2007. — 528 с.
2. *Зубар Н.М.* Основи фізіології та гігієни харчування: Підручник. — Київ : Центр учбової літератури, 2010. — 336 с.
3. Наказ про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії (2013), МОЗ України; Наказ від 18.11.1999 № 272. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0834-99> (дата звернення 04.10.2017).
4. Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation (WHO technical report series ; no. 935). — Geneva : WHO, 2007 — 256 p. Також доступний у PDF: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411-1/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411-1/WHO_TRS_935_eng.pdf) (дата звернення 04.10.2017).
5. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. — Rome : FAO, 2013 — 66 p. Також доступний у PDF: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> (дата звернення 04.10.2017).
6. Проект наказу про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії (2017), МОЗ України. URL: [http://moz.gov.ua/docfiles/Pro\\_20170327\\_0\\_dod.pdf](http://moz.gov.ua/docfiles/Pro_20170327_0_dod.pdf) (дата звернення 04.10.2017).

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MECHANICALLY DEBONED POULTRY MEAT WASHED WITH VARIOUS ORGANIC ACIDS

L. Peshuk, O. Zabolotnya, T. Ivanova  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Poultry  
Mechanically deboned  
poultry meat  
The washing fluids  
Surimi*

---

**Article history:**

Received 13.09.2017  
Received in revised form  
01.10.2017  
Accepted 26.10.2017

---

**Corresponding author:**

L. Peshuk  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-27

---

**ABSTRACT**

The article presents the scientific justification and improvement of the technology of poultry meat mechanically separated (PMMS frozen), washed with different washing fluids with the aim of improving the physico-chemical properties, since it is widely used in meat industry due to high technology, a considerable amount of protein and low cost. Surimi from PMMS can be used in a wide range of emulsified and restructured meat products, including sausages for breakfast, nuggets, etc.

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ М'ЯСА ПТИЦІ МЕХАНІЧНОГО ОБВАЛЮВАННЯ, ПРОМИТОГО РІЗНИМИ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ

Л.В. Пешук, О.О. Заболотня, Т.М. Іванова  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено наукове обґрунтування та удосконалення технології м'яса птиці механічного обвалювання (МПМО замороженого), промитого різними промивними рідинами з метою покращення його фізико-хімічних властивостей, оскільки воно досить широко використовується в м'ясопереробній галузі завдяки високій технологічності, значній кількості білку, низькій собівартості. Сурімі з МПМО може бути використане в широкому асортименті емульгованих і реструктурованих м'ясних продуктів, включаючи сосиски, ковбаси, ковбаски для сніданку, нагетси тощо.*

**Ключові слова:** *птахівництво, м'ясо птиці механічного обвалювання, промивні рідини, сурімі.*

**Постановка проблеми.** Прагнення до найвищого прибутку спонукають виробників обирати види діяльності, що характеризуються швидким обо-

ротом вкладених коштів. Стрімкий розвиток птахівництва є закономірним і передбачуваним явищем, адже це одна з найбільш високопродуктивних галузей тваринництва з найкоротшим відтворювальним циклом, яка при незначних затратах праці й кормів продукує такі види продукції: доросла птиця, молодняк, інкубаційні і харчові яйця, продукти забою і переробки, пух та пір'я, забезпечуючи сировиною харчову, легку, парфумерну галузі та медицину.

Зі збільшенням населення у світі з 6,565 млрд. осіб (початок 2007 р.) до 7,3 млрд (початок 2017 р.) актуальності набуває проблема забезпечення його продовольчої безпеки, особливо білком (80—100 г/добу), основним джерелом якого є м'ясо.

Згідно з даними Державної служби статистики України виробництво м'яса птиці зросло з 953,5 тис. т в 2010 р. до 1,2 млн т в 2014 р., або на 26%. При цьому питома вага м'яса птиці в структурі виробництва збільшилася з 46,3% до 49,4% (табл. 1).

*Таблиця 1. Динаміка виробництва м'яса птиці в Україні за 1990—2014 рр. за даними Державного комітету статистики України (дані наведено без урахування Автономної Республіки Крим та м. Севастополя [1])*

Роки	Виробництво м'яса птиці	
	(у живій масі), тис. т	(у забійній масі), тис. т
1990	940,1	708,4
2000	264,9	193,2
2010	1 278,8	953,5
2011	1 316,1	995,2
2012	1 414,1	1 074,7
2013	1 475,3	1 096,2
2014	1 547,6	1 164,7

За 2015 р. отримано 1 155 тис. тонн м'яса птиці в забійній масі, що на 10 тис. тонн менше, ніж у минулому році, з них — 975 тис. тонн м'яса птиці було вироблено в сільгоспприємствах, що відповідає показникам 2014 року. При цьому виробництво м'яса бройлерів промисловими підприємствами склало 907 тис. тонн, що на 16,4 тис. тонн або 2% більше, ніж у 2014 році.

Для задоволення потреб м'ясопереробних підприємств України (за даними Державної служби статистики на 2017 рік необхідно 1 278 тис. тонн м'яса, лише потреба в м'ясі для ковбасних виробів складає — 254 тис. тонн).

Щодо експорту та імпорту м'яса птиці, спостерігається чітка тенденція переважання експортних поставок м'яса. Це свідчить про зменшення імпортозалежності продукції птахівництва та задоволення потреб у вітчизняній продукції, а також нарощення експортного потенціалу. Україна перетворилася з імпортера в експортера продукції птахівництва. Так, експорт м'яса птиці у 2014 р. становив 174,7 тис. тонн, або в 5,4 раза більше, ніж у 2010 році.

За підсумками 2014 р., продукція України входить до десятки провідних країн світу — виробників та експортерів продукції птахівництва, а з початку 2015 р. Україна стабільно займає 3 місце за постачанням курятини в ЄС, поступаючись лише Бразилії та Таїланду («старожилам» цього ринку збуту). Найбільшим попитом українська продукція користується в Німеччині (2,55 тис. т) та Нідерландах (2,95 тис. т).

Таблиця 2. Динаміка експорту-імпорту продукції птахівництва, 2010—2014 рр. [1]

	Роки	2010	2014
Експорт тис. т			
М'ясо та їстівні субпродукти сільськогосподарської птиці	Всього	32 456,84	174 725,50
	Європа	4,46	16 908,16
	Азія	12 675,80	65 116,47
	Африка	27,99	8 385,26
	Америка	8,64	43,53
	Австралія і Океанія	0,56	1,66
Імпорт тис. т			
М'ясо та їстівні субпродукти сільськогосподарської птиці	Всього	154 618,21	60 985,83
	Європа	66 018,20	56 680,09
	Азія	—	63,35
	Америка	88 258,97	4 094,65

М'ясо і м'ясопродукти є основою добробуту населення, а показники їх споживання — одними з індикаторів стану забезпечення продовольчої безпеки.

Споживання м'ясопродуктів у рік на одну особу в Україні становить 50,9 кг, тоді як раціональна норма згідно з фізіологічно обґрунтованими параметрами харчування має бути не менше 80—84 кг.

Проте в розвинутих країнах світу (за даними Світової продовольчої організації ООН (FAO)), означений показник у середньому досягає рівня 76 кг м'яса і м'ясопродуктів в рік на одну особу, а в деяких з них — США, Австралії, Нової Зеландії та Іспанії — складає понад 100 кг .

За оцінками операторів ринку м'яса, в Україну імпортується 61,3 тис. тонн м'яса птиці механічного обвалювання. Це пов'язано з прагненням виробників знизити собівартість готової продукції за рахунок більш дешевої м'ясної сировини.

Проблема раціонального використання менш цінних частин тушок (каркасів), одержаних при комплексному обробленні, є актуальною, оскільки реалізація цих частин у вигляді напівфабрикатів (наборів для перших страв) часто ускладнена. Тому ці частини, худі тушки, тушки півнів, а також ший, кістки після виділення кускового м'яса, доцільно направляти на відділення м'якушевих тканин методом сепарації.

М'ясо птиці механічного обвалювання (МПМО) — м'ясо птиці, отримане шляхом механічного відокремлення м'якушевих тканин від кісток з патраних тушок птиці або їх частин, у якому вміст кальцію не більше 0,1%. Воно може використовуватись тільки для виробництва м'ясних продуктів, що проходять термічну обробку [1; 2].

Вагомий внесок у дослідженні якості та ефективності використання МПМО зробили такі вчені, як В.А. Абалдова, В.В. Коренєв, В.Н. Махоніна, Д.А. Росликов, В.М. Мазур, Д.В. Нікітченко, М.А. Яцюта, В. Браншайд, К. Трьогер, В.М. Онищенко., Н.Г. Грінченко, В.А. Большакова, С.І. Хвиля та інші.

Порівнявши аналіз результатів, отриманих різними вченими, слід відзначити, що високий вміст жиру та пігментів у МПМО обмежують його використання як білого м'яса в технології інноваційних м'ясних продуктів.

**Мета дослідження:** наукове обґрунтування та удосконалення технології МПМО, промитого різними органічними кислотами.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан і сировинну базу птахопереробної галузі України;

- порівняти основні показники якості типу сурімі подібного продукту, промитих органічними кислотами різних концентрацій;

Промивання подрібненого м'яса (технологія сурімі) забезпечує набуття нових властивостей продукту під час вилучення білків саркоплазми, низькомолекулярних азотистих речовин.

**Матеріали і методи.** Під час виконання досліджень застосовувалися органолептичні, фізико-хімічні методи.

Сурімі — японська комерційна назва рибного фаршу. Це промитий фарш океанічних риб, отриманий шляхом подрібнення і багаторазового промивання. В процесі такої технологічної операції видаляються жири, пігменти, ароматичні речовини і саркоплазматичні білки (в основному гемоглобін і міоглобін), при цьому відбувається концентрування міофібрилярних білків. Підходи щодо покращення якості сурімі подібного продукту з м'яса птиці можуть бути прийняті з технологічних інновацій при переробці сурімі з риби [7].

Успішний розвиток процесу сурімі з риби і збільшення частки ринку сурімі-продуктів у всьому світі призвели до досліджень, спрямованих на застосування технології сурімі до м'яса різних тварин: яловичини, свинини, баранини, м'яса птиці. Проте в даний час існує обмежена кількість досліджень, що стосується властивостей гелю з матеріалу, подібного до сурімі, виготовленого з курячого м'яса та інших видів птиці.

Споживання сурімі в Україні становить 15 млн т. Асортимент продукції з сурімі нараховує більше двох сотень найменувань [3].

За кордоном м'ясо птиці почали промивати з 1994 року. М'ясо птиці характеризується високою якістю білків тваринного походження, воно містить мало жиру та має низький вміст насичених жирних кислот порівняно з червоним м'ясом, тому має великий потенціал щодо використання як заміника сурімі подібних продуктів.

Вагомий внесок у розробку теоретичних і практичних основ технології промитих фаршів з м'яса птиці механічного обвалювання внесли закордонні вчені William Renzo Cortez-Vega, Gustavo Graciano Fonseca, Carlos Prentice, які як промивну рідину брали розчин бікарбонату натрію та натрію хлориду.

З доступних нам літературних джерел відомо, що органічні кислоти не використовували як промивні рідини для МПМО й отримання сурімі подібного продукту.

У рослинних продуктах найчастіше зустрічаються органічні (фруктові) кислоти — яблучна, лимонна та оцтова. У тваринних продуктах поширені молочна та ортофосфорна кислоти.

Перелік кислот, які використовуються у харчовій промисловості, наведено в табл. 3.

*Таблиця 3. Використання органічних кислот у харчовій промисловості та медицині [9]*

Назва кислоти	Хімічна формула	Цифрова кодифікація	Використання
Молочна	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	E 270	Харчова промисловість (як консервант)
Оцтова	$\text{CH}_3\text{COOH}$	E260	Харчова промисловість (як консервант)
Яблучна	$\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COOH}$	E296	Харчова промисловість (як консервант). Медицина (пом'якшувальний і знезаражуючий компонент)
Лимонна	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{COOH})_3$	E338	Харчова промисловість (регулятор кислотності, консервант, розпушувач, смаковий індикатор). Медицина (виробництво вітамінних добавок, комплексів, тонізуючих і зміцнюючих імунітет засобів, а також препаратів, що прискорюють обмін речовин)

Основна функція органічних кислот пов'язана з процесом травлення: вони знижують рН середовища, сприяють створенню певного складу мікрофлори, активно беруть участь в енергетичному обміні речовин, стимулюють виділення шлункового соку, покращують травлення, активізують перистальтику кишечника. Добова потреба дорослої людини в органічних кислотах складає 2 г. Важливою функцією органічних кислот є олужнення організму.

Організм людини має кислотно-лужний баланс, який коливається в межах рН 7,36—7,42. Позитивно заряджені іони створюють кисле середовище, а негативно заряджені — лужне середовище. Організм людини постійно зберігає цей баланс, порушення якого призводить до різних захворювань: зменшення рН організму людини на 0,3 призводить до смерті.

**Результати і обговорення.** При промиванні МПМО розчинами органічних кислот (молочна, оцтова, яблучна, лимонна) враховували такі показники: концентрація кислоти від 0,1 — до 0,3%, температура промивної рідини від 5 до 15 °С, співвідношення (МПМО/розчин кислоти) 1:2, 1:3, 1:4, час перемішування від 5 до 15 хв з подальшим центрифугуванням (5—15 хв). Досліди проводили в трикратній повторності.

Вибір кислоти для проведення досліджень з промиванню МПМО було зосереджено на константах іонізації.

Константи іонізації — це специфічна рівноважна константа в хімії, що показує ступінь дисоціації іонів гідрогену ( $\text{H}^+$ ) з кислотами в розчині. Сильні кислоти дисоціюють практично повністю, і, відповідно, мають великі значення константи кислотності ( $K_a > 1$ ), а слабкі — дисоціюють неповністю і їм притаманне значення  $K_a \ll 1$ . З огляду на те, що різниця в значенні  $K_a$  між найслабшими та найсильнішими кислотами становить декілька порядків, константа іонізації звичайно позначається у вигляді оберненого значення її десятичного логарифму ( $\text{p}K_a$ ).



**Таблиця 4. Константи іонізації кислот, що найчастіше використовуються в харчовій промисловості**

Назва кислоти	Константи іонізації	
	Ka	pKa = -log
Лимонна	$7,4 \cdot 10^{-4}$	3,13—4,55
	$2,2 \cdot 10^{-5}$	
	$4,0 \cdot 10^{-7}$	
Яблучна	$3,5 \cdot 10^{-4}$	3,46—5,05
	$8,9 \cdot 10^{-6}$	
Янтарна	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,21—5,63
	$2,3 \cdot 10^{-6}$	
Молочна	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,83
Оцтова	$1,74 \cdot 10^{-3}$	4,76
Фосфорна	$7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15
Винна	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,89

З даних табл. 4 видно, що за константами іонізації найсильнішою є неорганічна фосфорна кислота, з органічних — винна, потім лимонна, яблучна, молочна, янтарна. Найслабшою є оцтова кислота.

Молочна кислота є одноосновною, яблучна і янтарна — двоосновні, лимонна — трьохосновною кислотами. Янтарна, винна і яблучна кислоти є спорідненими. Яблучна кислота є похідною янтарної кислоти. Всі наведені кислоти є хорошими консервантами. Вони можуть вимивати з продукту різні речовини, мають здатність вступати в реакції комплексоутворення [4].

Для поділу розчинних білків, кісткової тканини, шкіри, сполучної тканини, клітинних мембран і зберігання нейтральних ліпідів, а також для зменшення вмісту води проводили центрифугування на центрифугі марки ЦЛМП — 24. Цей процес знижує вміст пігменту до прийняттого рівня в МПМО. В отриманих у процесі промивання фаршів досліджували фізико-хімічні показники (табл. 5).

**Таблиця 5. Порівняльні характеристики фізико-хімічних показників МПМО замороженого промитого органічними кислотами**

Промивна рідина	$t$ °C	$\tau$ (хв)	Співвідношення (МПМО/розчин кислоти)	Вміст вологи, %	Вміст жиру, %	Вміст білку, %	Зола, %
Оцтова кислота концентрацією 0,1% 0,3%	15	15	1:3	90,9	3,9	9,4	0,003
	10	5		92,9	2,7	8,9	0,003
Молочна кислота 0,1% 0,3 %	10	5	1:3	93,7	2,8	10,5	0,300
				94,3	1,7	10,4	0,092
Молочна кислота 0,1% 0,3%	15	15	1:3	90,5	2,6	10,6	0,100
				94,8	0,6	10,5	0,028
Лимонна кислота 0,1% 0,3%	15	15	1:3	85,5	4,2	9,8	0,022
	10	5		98,7	3,7	9,5	0,010
Яблучна кислота 0,1% 0,3%	15	15	1:3	87,3	5,0	10,2	0,140
	10	5		98,9	8,0	10,4	0,120

Аналіз хімічного складу отриманої сировини показує, що в процесі промивання вміст жиру зменшується з 17,6% (в непромитому м'ясі) до 0,6% в промитому МПМО. В результаті промивання значно посилюється світлий відтінок і послаблюється червоний. Фактично промите м'ясо стає дуже схожим за зовнішнім виглядом на біле м'ясо птиці.

У ході експериментальних досліджень нами було встановлено, що найкращі показники мають фарші, промиті розчином молочної кислоти концентрацією 0,3%, у співвідношенні м'яса до розчину кислоти 1:3, температурою 15° С, тривалість перемішування — 15 хв та центрифугування 15 хв.

Молочна кислота здавна широко використовується в м'ясній, молочній і рибній промисловості, хлібопеченні при консервуванні овочів і фруктів. У багатьох продуктах більш доцільно використовувати молочну кислоту, оскільки вона має сильну протимікробну дію порівняно з оцтовою та лимонною кислотами та низький поріг відчуття кислоти. Молочна кислота легко розподіляється у в'язких масах, проникає в клітини й тканини продуктів і забезпечує оптимальну кислотність для дії ферментів, створює умови для спрямованого перебігу біохімічних процесів, що позитивно впливають на структуру, консистенцію, смакові якості й харчову цінність продукту [5].

Аналізуючи фізико-хімічні показники промитого МПМО варто відмітити, що високий вміст вологи в результаті послідовних промивань робить подальший процес зневоднення складнішим (Bentis і співавт. 2005), але виробляючи сурімі з високим вмістом вологи, що зростає з 76,9% (непромите МПМО) до 94,8% (промите 0,3% розчином молочної кислоти), утворює стійкий гель, що не руйнується. Крім того, розчини органічних кислот знижують ризик розвитку окислювальних процесів псування.

Отже, при виробництві сурімі природа промивних рідин відіграє важливу роль не тільки з точки зору стабільності продукту, але і з технологічної точки зору. Високий вміст води в промитому фарші сурімі, як правило, замінює внесення додаткової її кількості, що зазвичай використовується в технології виробництва продуктів (Srinivasan і співавтори, 1996).

Отримане сурімі з МПМО, промитого 0,3% розчином молочної кислоти, було використано при виробництві макаронних виробів, сосисок і напівфабрикатів.

### Висновок

Унікальна природа сурімі з курячого м'яса має можливість стати базовою для цілого ряду нових продуктів. Суріміподібний продукт з МПМО може бути використаний як основний компонент ковбасних виробів, гамбургерів, паштетів, м'ясних напівфабрикатів та інших інноваційних продуктів.

### Література

1. *Trindade M.A.* Mechanically separated meat of broiler breeder and white layer spent hens// *M.A. Trindade, P.E. de Felício, Carmen Josefina Contreras Castillo*// *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. — 2004. — Mar./Apr. V.61, # 2, — P. 234—239.
2. *Ismail I.* Surimi-like Material from Poultry Meat and its Potential as a Surimi Replacer / *I. Ismail, N. Huda, A. Fazilah*// *Asian Journal of Poultry Science* 5. — 2011 (#1). — P. 1—12.

3. Устенко І.А. Маркетингові дослідження ринку продукції з сурімі/ І.А. Устенко, М.Р. Мардар, С.А. Памбук// Агросвіт. — 2015. — № 9. — С. 37—49.
4. Кричковська Л.В. Обґрунтування переваг застосування молочної кислоти в харчових виробництвах [Текст] / Кричковська Л.В., Овсяннікова Т.О. // Международная научная конференция MicroCAD : Секція № 12 — Удосконалення технології органічних речовин. — НТУ «ХПИ», 2015. — С. 249.
5. Маевская Т.Н. Биотехнологическое структурирование гелей из суримы птицы.. Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук. праць за матеріалами III Міжнар. наук.-практ. конф., 4 лист. 2015 р. / Т.Н. Маевская, С.М. Базиволяк, Л.В. Пешук // Інститут продовольчих ресурсів НААН України. — Київ : ННЦ ІАЕ. — 2015. — С. 56—57.
6. Пешук Л.В. Інноваційний м'ясний продукт Харчова промисловість / Л.В. Пешук, О.І. Гашук, О.Є. Москалюк. — Київ : НУХТ, 2015. — № 17. — С.64—67.
7. Пешук Л.В. Визначення активності ферментних систем фаршу з прісноводної риби / Л.В. Пешук // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Київ, 2013. — № 48. — С. 128—131.

## ACTUALITY AND WAYS OF PROCESSING LOKAL SPICY-AROMATIC RAW MATERIALS INTO FOOD FLAVORS

N. Frolova, A. Ukrainets, I. Sylka, K. Naumenko, N. Chepel

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Natural flavors*  
*Essential oil*  
*Raw material*  
*Essential oil*  
*Imitated distillation*  
*Fractions*  
*Fractional distillation*

---

**Article history:**

Received 18.09.2017  
Received in revised form  
07.10.2017  
Accepted 28.10.2017

---

**Corresponding author:**

N. Frolova  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The scientific work is based on necessity and feasibility of developing highly complex technology of herbal raw material for obtaining quality finished products with minimal losses of raw materials. Food industry needs to expand the range of products using natural flavors to replace their synthetic analogues. One of the main sources of aroma-forming components for the flavoring of food products is spicy-aromatic raw materials, which are in sufficient quantities on the territory of Ukraine. Allocated concentrates of aromatic substances — essential oils — give products a specific aroma of natural raw materials, increase their nutritional value, enrich the biologically active substances. For rational use of raw materials and provision of various technologies of food products with natural aromatic substances on the basis of essential oils it is expedient to use innovative methods of their processing to obtain natural flavors with given aromatic properties.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-28

---

## АКТУАЛЬНІСТЬ І ШЛЯХИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ ЕФІРООЛІЙНОЇ СИРОВИНИ В ХАРЧОВІ АРОМАТИЗАТОРИ

Н.Е. Фролова, А.І. Українець, І.М. Силка, К.А. Науменко, Н.В. Чепель

Національний університет харчових технологій

*В основу наукового дослідження покладено необхідність і доцільність розроблення високоефективних комплексних технологій переробки рослинної сировини з отриманням якісних кінцевих продуктів з мінімальними втратами, оскільки харчова промисловість потребує розширення асортименту продукції з використанням натуральних ароматизаторів на заміну їх синтетичних аналогів. Одним із основних джерел ароматоформуючих компонентів для ароматизації харчових продуктів є пряно-ароматична сировина. Виділені концентрати ароматичних речовин — ефірні олії — надають продуктам специфічного аромату натуральної сировини, підвищують їх харчову цінність, збагачують біологічно-активними речовинами. Для раціонального використання сировини та забезпечення різних технологій харчових продуктів нату-*

ральними ароматичними речовинами на основі ефірних олій доцільно використовувати інноваційні способи їх переробки з отриманням натуральних ароматизаторів із заданими ароматичними властивостями.

**Ключові слова:** натуральні ароматизатори, ефіроолійна сировина, ефірна олія, імітована дистиляція, фракції, фракційна перегонка.

**Постановка проблеми.** Визначальною тенденцією розвитку харчової промисловості сьогодні є виробництво продуктів і напоїв здорового харчування. Однак зниження вмісту жиру, солі, цукру, підвищення вмісту харчових волокон суттєво змінює смак та аромат продуктів, які найбільш цінуються споживачами. Для регулювання органолептичних характеристик продуктів широко застосовуються харчові ароматизатори — як синтезовані в лабораторіях, так і отримані переробкою природних джерел ароматичних речовин.

Займаючи в собівартості продукції 1...2%, ароматизатори багато в чому визначають клас продукції, її характерний смакоароматичний профіль. Це підтверджується значним зростанням за останні роки обсягів виробництва готових до споживання ароматизованих харчових продуктів — чіпси, снеки, локшина швидкого приготування, плавлені сирки, зернові суміші, продукти на ізольованій білковій основі тощо. Окрім того, ароматизатори розширюють й обновляють асортиментну лінійку широковживаних продуктів, зокрема карамелі, морозива, йогуртів, напоїв та інших. Водночас, саме ці продукти споживають переважно діти.

Про небезпеку синтезованих ароматизаторів знають не тільки медики. Все більше споживачів негативно реагують на синтезовані добавки, відшукуючи органічні продукти, навіть при більшій їх вартості. Тому виробництво натуральних ароматизаторів має стати частиною державної програми натуралізації вітчизняної харчової продукції, з освоєнням вітчизняних технологій натуральних ароматизаторів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До натуральних ароматизаторів належать ефірні олії (ЕО), олеорезини (спиртові екстракти), СО<sub>2</sub>-екстракти пряностей та пряно-ароматичних рослин, концентровані витяжки, концентрати фруктових соків [1]. Водночас, ароматизаторами є тільки ЕО, олеорезини та СО<sub>2</sub>-екстракти. Решта — смакоароматичні добавки, ароматичність яких до 1000 разів менша порівняно з ЕО [2].

Ефіроолійна сировина (ХЕ «ефіроолійна сировина») об'єднує рослини, які містять ЕО визначеної якості і в кількості, достатній для промислової переробки [3]. Оскільки досвід застосування ефіроолійних рослин склався історично, у загальноприйнятій світовій практиці ефіроноси класифікуються за такими ознаками (табл. 1): назва промислової частини, місце локалізації ЕО у тканинах, форма зв'язку ароматичних речовин (АР) з іншими речовинами [4].

Сьогодні перед вченими стоїть проблема оцінки представників дикорослої флори, які здатні замінити імпорتنі тропічні ароматичні рослини. За останні 10 років в промислову культуру введено м'яту котячу (*Nepeta cataria*), зміголовник молдавський (*Dracocephalum moldavicum* L.), лофант анісовий, полин лимонний (*Artemisia balchanorum* Krach.) [5]

*Таблиця 1. Класифікація ефіроолійної сировини*

Назва промислової частини	Місце локалізації ефірної олії	Ефіроолійні рослини
Зернова	Плоди, насіння	Аніс, коріандр, кмин, фенхель, кріп
Квіткова	Квіти, суцвіття, бутони	Троянда, азалія, жасмин, лілія, акація
Трав'яниста	Вегетативна частина	М'ята, шавлія мускатна
Коренева	Кореневище	Аір, женьшень, ірис
Плодова	Плоди	Лимон, помаранч, мандарин, бергамот
Інші види	—	Дубовий мох, лишайник

Зацікавленість до трави *Dracocephalum moldavica* L. обумовлена тим, що в наземних частинах цієї культури накопичується ЕО з приємним м'ятно-лимонним ароматом. Останні фармакологічні дослідження підтвердили позитивний вплив препаратів за участю ЕО на активність ферментів антиоксидантного захисту, що вказує на адаптогенні властивості цієї рослини [6].

Науковцями Нікітського ботанічного саду було виведено високопродуктивні сорти та форми полину лимонного з цитральними та гераніольними нотами аромату, що є важливим для харчової промисловості. Особливий інтерес становлять зразки ефірної олії, з яких після незначної обробки можна отримати до 70% цитралю [7].

Давні і сучасні способи виділення ЕО розглядаються в безлічі книг, наукових та Інтернет-виданнях [9—11] і доволі добре вивчені. Класичні способи отримання ЕО, такі як обробка поверхні плодів цитрусових спеціальними скребками, «видавлювання» олії руками з шкірки цитрусових на спеціальну губку (Н.А. Монтеверде, 1894) вже давно не використовуються.

**Мета дослідження** полягає у проведенні комплексної переробки пряно-ароматичної та ефіроолійної сировини з отриманням харчових натуральних ароматизаторів.

**Викладення основних результатів дослідження.** Для виділення ЕО використовують ефіроолійну сировину: сиру, наприклад, зелена маса герані, квіти лаванди тощо; підв'ялену — різні види м'яти; висушену — коріння лепехи, ірису тощо; попередньо ферментовану — квіти троянди, дубовий мох [8].

Натепер існують чотири основних способи виділення ЕО з ефіроолійної сировини [12]: сублімація (дистиляція, перегонка) за участю води і пари [13]; екстрагування розчинниками, в тому числі мацерація [14]; холодне пресування [15]; сорбція (анфлераж та динамічна сорбція) [16], обробка ультразвуком [17], мікрохвильова екстракція (SFME), застосування мембранних процесів [18], кріогенний спосіб із залученням скрапленого CO<sub>2</sub>. [19].

При цьому потреба в якісній сировини означила актуальність і доцільність використання нетрадиційних для харчової промисловості рослинних джерел ароматичних речовин, до яких можна віднести молоді пагони плодкових кущів і дерев (табл. 2).

На сьогодні при щорічному омолодженні садів ранньою весною пагони переважно є відходами садівництва [20]. Молоді пагони чорної смородини належать до ефіроолійної сировини, оскільки вони багаті на ефірну олію, вміст якої складає від початку вегетаційного періоду до квітня місяця від 0,6

до 1,8% [21]. При розтиранні пагонів виділяється приємний аромат з пряною нотою. Спиртовий екстракт бруньок і молодих пагонів чорної смородини є ефективною складовою сечогінних, дезінфікуючих, потогінних засобів тощо. Плоди горобини звичайної мають широкий комплекс БАР і виявляють імуномодулюючу дію [22].

*Таблиця 2. Характеристика екстрактів із молодих пагонів ароматичної сировини*

Молоді пагони	Аромат	Вміст АР, см <sup>3</sup> /1дм <sup>3</sup>
Вишні	Легкий аромат вишневої кісточки з тоном деревини	79,07±2,47
Абрикоса	Деревини, терпкий	11,92 ±1,17
Яблуні сорту «Голдінг»	Тонкий дуже приємний	11,06 ± 0,84
Горобини звичайної	Мигдальний, яскраво виражений	163,59 ± 28,9
Чорної смородини	Характерний аромат чорної смородини з тонкою нотою деревини	981,88± 10,0

Існують два вирішальні критерії у виборі шляхів перероблення ефіроолійних рослин. По-перше, врахування того, що втрата АР навіть у найменших кількостях призводить до зміни аромату продукту. По-друге, це повне виключення хімічних або ферментативних побічних реакцій, які можуть змінити компонентний склад.

Аналіз інформаційного поля дав змогу нам сформуванати три напрями використання ефіроолійних рослин із виділенням ароматичного комплексу. Перший напрям і найбільш досліджуваний останнім часом відповідає науковим пріоритетам отримання зразків ЕО маловивчених і рідких рослин, зібраних з різних куточків нашої планети. Цікаві такі ЕО насамперед з точки зору фармакологічних можливостей. Другий напрям — науково-практичні аспекти удосконалення процесів виділення ЕО для комерційного використання як натуральних ароматизаторів. Третій — виділення індивідуальних речовин. Більшість з цих речовин є діючою основою при створенні косметичних препаратів. Наприклад, такі компоненти ЕО, як анетол, ментол, ліналоол, гераніол, лимонен входять до складу різних лікувальних засобів. З цитралю коріандрової ЕО синтезують вітамін А. Вміст вітаміну С в полину лимонному становить 510 мг%, що в 30 разів перевищує його вміст у свіжих яблуках.

У кліматичній зоні України в промислових масштабах вирощують 11 видів ефіроолійних культур — коріандр, кмин, фенхель, м'яту перцеву, троянду, лаванду, шавлію мускатну, волошки, базилік, розмарин, м'яту котячу, м'яту лимонну, змієголовник молдавський. Рентабельність їхнього обігу на вітчизняному ринку вища, ніж ряду багаторічних культур.

Коріандр вирощується переважно в Дніпропетровській, Харківській, Луганській, Кіровоградській областях і в АР Крим. Зони вирощування кмину та фенхелю зосереджені в Черкаській, Запорізькій, Кіровоградській, Миколаївській, Хмельницькій, Чернігівській областях. М'яту перцеву чи котячу вирощують у Київській, Полтавській, Сумській, Черкаській, Чернігівській областях. Кмин і фенхель — в зоні Лісостепу. Троянду, лаванду і шавлію вирощують у Криму. Під троянду, м'яту, коріандр, лаванду, кмин також закладені площі у

Кіровоградській області, північному і центральному Степу — в Житомирській, Чернігівській, Київській та Рівненській областях, а також у Львівській, Волинській та Івано-Франківській областях. Базилік, розмарин, троянду вирощують переважно в Криму. В Одеській області, за даними 2014 року, заготовлено близько 15 тис. тонн коріандру, 12 тис. тонн м'яти перцевої, 10 тис. тонн фенхелю, 2 тис. тонн шавлії мускатної. У Карпатах заготовляють чебрець, барвінок малий, конвалію, арніку гірську, м'яту перцеву, лаванду.

Серед названих рослин, коріандр, троянда, лаванда справжня, шавлія мускатна є багатотоннажними культурами. До малотоннажних культур належать: лавандин, жасмин великоквітковий, бузок тощо.

Значимо, що велика кількість дикорослих ароматичних рослин України ще не отримала потрібної споживчої й технологічної оцінки. При цьому Україна — одна з європейських країн з надзвичайно великою сертифікованою площею для збору органічних дикорослих рослин. На 200 тис. га збираються гриби і ягоди (чорниця, журавлина, брусниця і бузина), а на 22 тис. га — лікарські рослини. Польща є головним імпортером українських дикорослих рослин. Крім того, перероблені продукти перепродаються головним чином у Західну Європу і США.

Перероблення ефіроолійних рослин відбувається на підприємствах різної форми власності, які входять до ефіроолійного комплексу України. Сегмент підприємств ефіроолійної галузі в Україні представлений кількома підприємствами, введеними в експлуатацію на початку та в середині ХХ сторіччя, але більша частина підприємств — це молоді компанії і фірми, засновані на акціонерній або індивідуально-приватній основі. Найбільшими є Прилуцький ефіроолійний комбінат (Чернігівська область) з реалізацією ефірної олії коріандру, м'яти перцевої, кропу, фенхелю. ПрАТ «Золотоніська парфумерно-косметична фабрика», заснована у 1934 р. як підприємство з виробництва ефірних олій з кропу та м'яти. Сьогодні це підприємство виробляє натуральні ефірні олії та гідролізати з вітчизняних рідкісних лікарських рослин. Працює Кілійський завод (Одеська область), Роменський завод (Сумська область). У Кіровоградській області заготовляє ефіроолійну сировину і випускає ефірні олії фірма «Синтез-екстракт-2008», в Одеській області у м. Ізмаїл — «Технобіо параметр», у Волинській обл. — ДП «Ківерцівське лісове господарство», ДП «Маневицьке лісове господарство».

Компанія «МХ і Густав Геесс Україна» (м. Київ) орієнтована на поставки ефіроолійної сировини для парфумерно-косметичної, фармацевтичної та харчової промисловості. В цілому фахівці відмічають збільшення конкурентоспроможності як ЕО вітчизняного виробництва, так і ароматизованої продукції. Також зростає попит на природні квіткові ефірні олії як на внутрішньому ринку, так і серед іноземних фірм. Головними імпортерами українських ефіроолійних рослин і продукції їх перероблення є Польська Республіка, Західна Європа і США.

Широкого розвитку в усьому світі набуло виробництво концентратів з ефіроолійних рослин, отриманих згущенням екстрактів до 70% сухих речовин. Така продукція, як правило, має тривалий термін зберігання, зручна при



транспортуванні, забезпечує створення резерву в разі низького врожаю сировини. Центральним місцем в технологіях концентрованих екстрактів є їхнє відновлення з максимальним збереженням якісного хімічного складу та ароматичних властивостей. Проте процес концентрування призводить до неминучих втрат легкої фракції аромату в межах від 62 до 95%. Уже багато років питання максимального збереження природного ароматичного комплексу при концентруванні екстрактів, соків, галенових препаратів, білкових розчинів, жирових суспензій, концентратів перших страв є завданням для науковців в усьому світі.

Запропоновані науковцями Національного університету харчових технологій апаратурні вирішення й оптимізовані технологічні режими адсорбційно-десорбційних циклів забезпечують отримання трьох продуктів комерційної привабливості, зокрема концентрат екстракту з комплексом БАР (А), аромоконцентрат, ідентичний аромату вихідної сировини (Б) і композиційний ароматизатор з ефіроолійної сировини (А+Б). За використаним способом отримані продукти мають статус натуральних [23].

Перероблення ефіроолійної сировини на ЕО з подальшою розгонкою на фракції є ефективним способом отримання серії якісних ароматизаторів з однієї ЕО. Наприклад, фракції ефірної олії кропу (ХЕ «ефірна олія кропу») можуть використовуватися як ароматизатори оригінального аромату і носії спрямованої фізіологічної дії на організм людини (табл. 3).

*Таблиця 3. Харчові ароматизатори на основі окремих фракцій ефірної олії кропу*

Назва ароматизатора	Аромат	Фізіологічний напрям
«Квітучий кріп» Перша фракція	Поєднання квіткового та кропового тонів	Стимуляція серцево-судинної і дихальної систем
«Лимонна фантазія» Друга фракція	Складний, свіжої зелені кропу, з тонами лимона	Зміцнення імунітету
«Трав'яниста хвоя» Третя фракція	Злагожене поєднання запаху трави з хвойними відтінками	Стимуляція роботи нирок й жовчного міхура

Детерпенізація (ХЕ «детерпенізація») — процес видалення із ЕО компонентів, які легко окислюються в неконтрольовані з'єднання та відчутно погіршують органолептичні властивості. Особливо детерпенізація важлива для збільшення терміну зберігання ЕО.

Інша перевага детерпенізації полягає в тому, що безтерпенові ЕО краще розчиняються в етиловому спирті й у воді. Це позитивно позначається на їх застосуванні у технологіях напоїв, парфумерній й косметичній промисловості, виробництві лікувальних засобів. Наприклад, цитрусові олії містять до 90% лимонену (ХЕ «лимонену») — моноциклічний терпен, який не розчиняється у водному середовищі. Тому для максимального розчинення олії потрібна значна кількість спирту. Безтерпенова цитрусова олія потребує значно менших витрат спирту.

Для харчової та фармацевтичної промисловості, тобто для внутрішнього застосування, безтерпенові ЕО є пріоритетними внаслідок їх менш подразнюючої дії на слизові частини шлунково-кишкового тракту [303]. Безсумнів-

ною перевагою безтерпенових ЕО є досить інтенсивний аромат та відсутність характерної для природної олії гіркуватості. Так, за даними фахівців, детерпенізована ЕО лимона у 25...30 разів ароматніша, ніж звичайна олія [24].

У табл. 4 наведено оптимізовані робочі режими детерпенізації ЕО лимона.

*Таблиця 4. Робочі режими детерпенізації ЕО лимона*

Етапи детерпенізації	Температура, °С		Тиск, кПа	Флегмове число	Вміст, % мас
	куба	головки			
Прогрівання колони	50...65	14...15	2,64	∞	—
Терпенова фракція	67...70	17...19	2,64	1 : 3	30,0...32,0
Кисневмісна фракція	84...96	30...36	0,66...0,33	1 : 14	60,0...62,0
Кубовий залишок	115...127	—	0,33	—	4,55±0,5
				Втрати	2,0...6,0

При цьому отримують дві фракції — терпенову і кисневмісну, а також кубовий залишок із сумарним вмістом 94...96% мас. Фракція терпенів має лимонний запах, вміст β-мірцену додає ноту бергамоту. Наявний серед терпеноїдів цитраль вносить в аромат фракції мускатну тональність, яка разом з гераніолом і ліналоолом набуває шляхетного аромату цитрусу з тонкою квітковію нотою.

Фракціонуванням ЕО за оптимізованими режимами отримують індивідуальні ароматичні речовини [25]. У табл. 5 наведено продуктивність отримання індивідуальних ароматичних речовин із кминової ЕО.

*Таблиця 5. Продуктивність отримання індивідуальних ароматичних речовин фракціонуванням кминової ЕО*

Монофракції	$V_s$ , г	$m_s$ ч.о.	$\tau$ , хв	$S_b$ , о.ч.	$P_m$	$\eta$ , %	$Ps$ г/год
сабінен	0,58...0,6	0,117	0,22	0,74	0,96	94,0	4,12...4,42
β-мірцен	0,58...0,8	0,537	0,25	1,0	0,98	98,0	7,15...7,66
п-цимол	0,54...0,58	0,134	0,34	1,0	0,98	96,0	4,62...4,92
d-лимонен	0,60...1,0	0,828	0,56	1,0	0,99	99,0	9,26...9,64
α-терпінеол	0,60...1,0	0,701	0,90	1,0	0,99	99,0	8,16...8,32
d-карвон	0,60...1,0	0,88	1,07	1,0	0,99	99,0	8,67...9,05
каріофілен	0,54...0,58	0,113	1,1	1,0	0,92	94,0	3,46...3,51

Збіжність значень не менше 0,95%.

Продуктивність  $Ps$ , г/год,  $m_s$  — початковий вміст речовин в фракціях, г;  $S_b$  — частка виділеної речовини щодо її початкового вмісту у фракції, о.ч.;  $P_m$  — коефіцієнт препаративного збору;  $\tau$  — тривалість циклу розділення-виділення;  $V_s$  — допустимий об'єм фракції

Індивідуальні ароматичні речовини мають цінність як тест-стандарти в наукових дослідженнях за різною проблематикою. За розробленим способом можна виділяти зразки для фармакокінетичних і метаболічних досліджень впливу натуральних джерел ароматичних речовин на органи і системи організму людини.

### **Висновки**

Комплексне використання вітчизняних ефіроолійних рослин, ефірних олій, зокрема кропової, коріандрової, кминової, шавлієвої ЕО, із м'яти котячої, шав-

лії мускатної. в технологіях натуральних ароматизаторів є актуальним, має наукову та практичну цінність.

Виділені концентрати ароматичних речовин — ефірні олії — надають продуктам специфічного аромату натуральної сировини, підвищують їхню харчову цінність, збагачують біологічно-активними речовинами. Для раціонального використання сировини та забезпечення різних технологій харчових продуктів натуральними ароматичними речовинами на основі ефірних олій доцільно використовувати інноваційні способи їх переробки з отриманням натуральних ароматизаторів з заданими ароматичними властивостями.

Розроблено рецептури горілок та інших міцних спиртних напоїв, десертних, слабоалкогольних і безалкогольних напоїв, молочних продуктів, льодяникової карамелі з використанням натуральних ароматизаторів.

Економічність ефіроолійного виробництва можна збільшити не тільки отриманням ефірних олій, харчових ароматизаторів, а й використанням в органічній парфумерно-косметичній продукції, що сприятиме імпортозаміщенню та виходу на світовий ринок із якісною ароматизованою продукцією.

### **Література**

1. Ziegler H. Flavourings. Production, composition, application, regulation. Second edition / H. Ziegler. — Berlin: Wiley-VCH, 2007. — 811 p.
2. Котмальова О.Г. Аналіз сучасних методів визначення інтенсивності ароматів / О.Г. Котмальова // Квалілогія книги. — 2014. — № 2. — С. 32—39.
3. Юрчак Л.Д. Екологічна роль біорізноманіття в культурних фітоценозах / Л.Д. Юрчак та ін. // Агроекологічний журнал. — 2009. — №1. — С. 46—52.
4. Smelcerovic A. Recent advances in analysis of essential oils / A. Smelcerovic et al. // Current Analytical Chemistry. — 2013. — Т. 9. — # 1 — P. 61—70.
5. Мірзоева Т.В. Особливості вітчизняного ринку пряно-ароматичних рослин в умовах сьогодення / Т.В. Мірзоева // Інноваційна економіка. — 2013. — № 6. — С. 209—212.
6. Спосіб імітованої дистиляції — раціональна основа фракційної перегонки ефірних олій / А.І. Українець, Н.Е. Фролова, І.М. Силка // Харчова промисловість. — 2009. — № 8. — С. 96—99.
7. Работягов В.Д. Нові сорти ароматичних і лікарських рослин селекції Нікітського ботанічного саду / В.Д. Работягов та ін. // Праці Нікіт. ботан. саду. — 2011. — Т. 133. — С. 100—170.
8. Ткаченко В.Г. Эфиромасличные растения и эфирные масла. Достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения / В.Г. Ткаченко // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». — 2011. — Вып. 1. — С. 88—93.
9. Tisserand R., Young R. Essential oil safety: a guide for health care professionals. — Elsevier Health Sciences, 2013. — 757 p.
10. Andrew J. Food Flavour Technology / J. Andrew et al. — New Jersey: Wiley-Blackwell, 2010. — 351 p.
11. The Freedonia Group — The First Choice In Industry Research [Electronic resource]. — 2013. — # 10. — P. 285. — Access mode: <https://www.freedoniagroup.com/Flavors-And-Fragrances.html> / (last access: 12.01.17). — Title from the screen.
12. Українець А.І. Спосіб імітованої дистиляції — раціональна основа фракційної перегонки ефірних олій / А.І. Українець, Н.Е. Фролова, І.М. Силка // Харчова промисловість. — 2009. — № 8. — С. 96—100.
13. Périno-Issartier S. A comparison of essential oils obtained from lavandin via different extraction processes: ultrasound, microwave, turbohydrodistillation, steam and hydrodistillation / S. Périno-Issartier et al. // Journal of Chromatography A. — 2013. — V. 1305. — P. 41—47.

14. *Бакин И.А.* Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки / И.А. Бакин, А.С. Мустафина, П.Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2015. — Вып. № 12. — С. 91—95.
15. *Dima C., Dima S.* Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity // Current Opinion in Food Science. — 2015. — V. 5. — P. 29—35.
16. *Горбунова Е.В.* Кинетика извлечения целевых продуктов из фенхеля обыкновенного от продолжительности технологического процесса / Е.В. Горбунова // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України Кримський агротехнологічний університет, 2013. — Вип. 156. — С. 134—138.
17. *Титова Л.М.* Исследование кинетики процесса экстрагирования в технологии комплексной переработки цитрусовых / Л.М. Титова, И.Ю. Алексанян // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2013. — Вып. № 1(55) — С. 35—38.
18. *Cannon J.B.* Modification of yield and composition of essential oils by distillation time / J.B. Cannon. et al. // Industrial Crops and Products. — 2013. — V. 41. — P. 214—220.
19. *Fornari T.* Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction / T. Fornari et al. // Journal of Chromatography A. — 2012. — V. 1250. — P. 34—48.
20. *Кравченко В.В.* Інтенсифікація процесу утилізації насаджень кущових ягідників : автореф. дис. к-та техн. наук:05.05.11 / НУБІП України.—Київ, 2011. — 25 с.
21. *Мясищева Н.В.* Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения / Н.В. Мясищева, Е.Н. Артемова // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — № 3(30). — С. 36—40.
22. *Кононенко А.В.* Листя горобини звичайної-перспективна сировина для отримання препаратів з антиартерійною дією / А.В. Кононенко и др. // Фармакологія та лікарська токсикологія. — 2013. — № 2. — С. 33—36.
23. Оцінка якості екстрактів з нетрадиційної рослинної сировини / К.А. Науменко, Н.Е. Фролова, О.О. Петруша // Східно-європейський журнал передових технологій. — 2015. — Т. 4. — № 10(76). — С. 24—29.
24. Пат. 45835 Україна, МПК7 C11 B1/10, C11 B9/02. Спосіб отримання натуральних ароматизаторів «Кминні аромати» / Фролова Н.Е., Українець А.І., Чепель Н.В., Силка І.М., Науменко К.А.; замовник і патентовласник Націон. унів.-т харч. техн. — № 200906561; заявл. 23.06.2009; опубл. 25.11.2009, Бюл.№22.
25. *Фролова Н.* Препаративне виділення індивідуальних ароматичних компонентів ефірної олії кмину / Ukrainian Food Journal (NUFT). — № 1. — 2012. — С. 62—65.

## DEVELOPING RELAXATION IN AQUEOUS-ALCOHOLIC SYSTEMS UNDER ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF DRINKING WATER

O. Kuzmin

*National University of Food Technologies*

S. Sujkov

*L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Aqueous-alcoholic mixture  
Vodka  
Electrochemical activation  
1H NMR spectroscopy  
Hydroxyl protons  
Relaxation*

---

**ABSTRACT**

The aim of the publication is to study the mechanisms of the equilibrium state of aqueous-alcoholic mixtures at key stages of the creation of vodka using electrochemical activation of drinking water. We have experimentally established the dependence rate of developing thermodynamic equilibrium and its character of aqueous-alcoholic systems, through rational waveforms hydroxyl group protons of ethanol and water, to stabilize their positions. The study has proved that steady equilibrium is characterized by the presence of combined unitary signal EtOH+H<sub>2</sub>O in hydroxyl group ( $\Delta\delta = 0$  ppm). Unsteady equilibrium is characterized by the presence of two separate signals of EtOH and H<sub>2</sub>O in hydroxyl group. The following methods were used: <sup>1</sup>H NMR-spectroscopy; methods of evaluation of physicochemical characteristics of water, ethanol, aqueous-alcoholic mixtures, and vodkas.

---

**Article history:**

Received 13.09.2017  
Received in revised form 05.10.2017  
Accepted 24.10.2017

---

**Corresponding author:**

O. Kuzmin

**E-mail:**

kuzmin\_ovl@nuft.edu.ua

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-29

---

## ВСТАНОВЛЕННЯ РЕЛАКСАЦІЇ У ВОДНО-СПИРТОВИХ СИСТЕМАХ У ПРОЦЕСІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ

О.В. Кузьмін

*Національний університет харчових технологій*

С.Ю. Суйков

*Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії імені Л.М. Литвиненка НАН України*

*У статті досліджено механізм встановлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей на основних етапах створення горілки при використанні електрохімічної активації питної води. Експериментально доведена залежність швидкості і характеру встановлення термодинамічної рівноваги —*

релаксації водно-спиртових систем при стабілізації гідроксильної групи протонів етанолу та води. Методи:  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопія, методи оцінки фізико-хімічних показників.

**Ключові слова:** водно-спиртова суміш, горілка, електрохімічна активація,  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопія, гідроксильні протони, релаксація.

**Постановка проблеми.** На сьогодні  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопія є найбільш популярною серед спектроскопічних методів за рахунок своєї простоти та повноти інформації, що прискорює хімічні дослідження, особливо у харчовій промисловості.

З моменту отримання перших  $^1\text{H}$  ЯМР спектрів води й етанолу пройшло більше 60 років, але й сьогодні у багатьох дослідженнях [1—5] приводяться спектри води та етанолу. Але ці досить прості молекули мають велике різноманіття деталей, про які йдеться у [6—15].

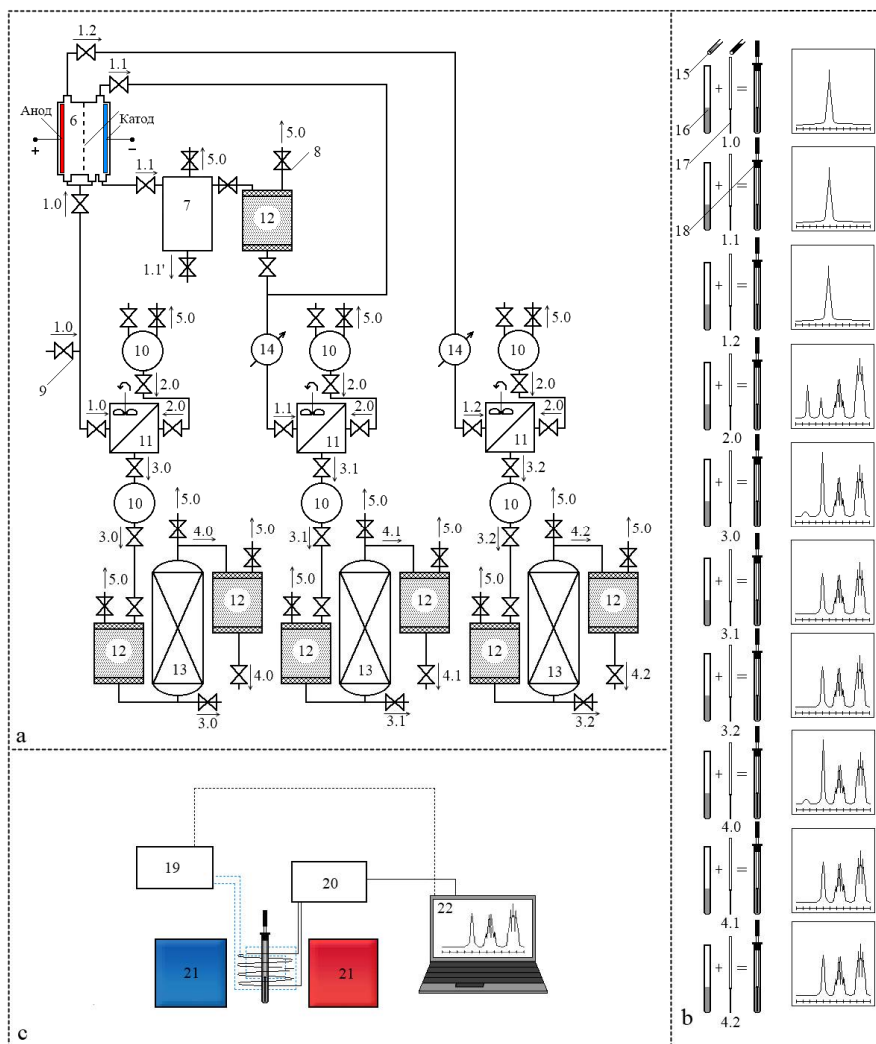
Зокрема  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопія є високочутливим засобом для дослідження рівноваги у розчинах. Оскільки одним з основних процесів, що забезпечують стабільні та прогнозовані характеристики горілчаних виробів, є встановлення рівноважного стану розчину спирту у воді, для визначення впливу способу попередньої підготовки води ми використали саме цей метод.

Розглянемо комплекс питань, пов'язаних з міжмолекулярним протонним обміном. Гідроксильний протон етанолу може обмінюватися з вільними іонами  $\text{H}^+$  в матриці, які генеруються привнесеною водою, або слідовими кількостями кислоти [7; 10—11]. Швидкість обміну пропорційна числу вільних іонів  $\text{H}^+$  [11], тому фактичне розташування центру сигналу залежить від наявності альтернативного обмінного місця (води), а також від різниці в хімічних зсувах протонів двох середовищ [9].

Проведення комплексу технічних рішень на основних етапах виробництва горілки з використанням електрохімічної активації (ЕХА) питної води дасть змогу вивчити механізм встановлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей (ВСС) за рахунок стабілізації положення ОН-протонів етанолу та води, з використанням  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопії. Оскільки така інформація в літературі відсутня, **метою роботи** є дослідження механізму встановлення термодинамічної рівноваги — релаксації ВСС на основних етапах створення горілки при використанні ЕХА питної води у діафрагмовому електролізері для прогнозування якості кінцевого продукту.

**Матеріали і методи.** Для проведення досліджень використовували такі прилади, матеріали та сировину:

- дозатор (15); ампули 5 мм (400 МГц) із зразками (16); капіляри із дейтероацетоном (ДАЦ) (17); ампули із капіляром (18) (рис. 1b);
- вода питна (1.0); вода питна після ЕХА — католіт (1.1); аноліт (1.2);
- спирт етиловий ректифікований (СЕР) класу «Люкс» (2.0);
- ВСС на СЕР класу «Люкс» та воді питній (3.0); ВСС на католіті (3.1); ВСС на аноліті (3.2);
- ВСС (горілка) на СЕР та воді питній після обробки активним вугіллям (АВ) (4.0); ВСС на католіті після АВ (4.1); ВСС на аноліті після АВ (4.2).



**Рис. 1.** Схема проведення дослідження: а — принципова схема експериментального стенду; б — схема прободготовки для  $^1\text{H}$  ЯМР дослідження; в — блок-схема  $^1\text{H}$  ЯМР спектрометра; 1.0—5.0 — потоки (зразки); 6—14 — технологічне обладнання; 15—22 — лабораторне обладнання

Методи:  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопія; методи оцінки фізико-хімічних показників води, СЕР, ВСС та горілок.

Методика  $^1\text{H}$  ЯМР дослідження: за допомогою дозатора (15) в ампулу (16) задається досліджуваній зразок. Необхідний для роботи системи LOCK'a — дейтерієвої стабілізації ЯМР спектрометра ДАЦ — зовнішній стандарт, який відокремлений від досліджуваної речовини, вноситься до ампули (16) в капілярі спеціальної форми (17); відповідно до методики запису  $^1\text{H}$  ЯМР спектрів записується спектр зразка в ДАЦ (18) та обробляється за допомогою програми Bruker TopSpin v2.6.

Апаратура. Для проведення  $^1\text{H}$  ЯМР дослідження використовували Фур'є ЯМР-спектрометр Bruker Avance II — 400 МГц (рис. 1с) (19—22).

На рис. 1а наведено принципову схему експериментального стенду із діафрагмовим електрохімічним реактором.

Вода питна (1.0) через відкритий кран (9) поступає на дві лінії — лінію підготовки води ЕХА та лінію приготування ВСС. На лінії підготовки ЕХА вода потрапляє до електрохімічного реактора (6), анодний і катодний простір якого розділений пористою діафрагмою. Надходження електронів у воду відбувається біля катоду, а видалення електронів із води — біля аноду, що призводить до утворення католіта (1.1) й аноліта (1.2).

У результаті електрохімічних реакцій у катодній камері утворюються важкорозчинні карбонати кальцію і магнію, а також гідроксиди важких металів і заліза. Для зливу та фільтрації концентрату католіту (1.1') є додаткова лінія з приймальною ємністю (7), пісочним фільтром (12) та повітряними кранами (8) — для видалення повітря (5.0).

Процес ЕХА супроводжується підвищенням температури води до  $T = 305\text{ K}$ , що для виготовлення ВСС є неприпустимим, тому потоки води (1.1, 1.2) додатково охолоджуються за допомогою чилера (14).

На лінії підготовки ВСС із напірних ємностей (10) до сортувальних ємностей (11) додається СЕР (2.0), а потім — вода (1.0—1.2), де вони перемішуються за допомогою швидкохідних пропелерних мішалок. У процесі перемішування відбувається стискування (контракція) загального об'єму ВСС із виділенням теплоти. Після перемішування за допомогою аналізатора щільності «Anton Paar DMA 4500» визначається міцність ВСС, при відхиленні від заданої, її коригують, повторно перемішують і проводять відбір проб (3.0—3.2).

Після перемішування ВСС потрапляє до напірних ємностей (10), після чого — фільтрується на пісочних фільтрах (12) та обробляється АВ в адсорберах (13). З метою звільнення від дрібних часток вугілля ВСС (горілку) знову фільтрують та проводять відбір проб (4.0—4.2).

**Результати і обговорення.** На рис. 2—11 зображено одномірні  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів досліджуваних речовин, з урахуванням хімічних зсувів.

У дослідженнях використовували СЕР класу «Люкс» з об'ємною часткою етанолу — 96,37% та води — 3,63%, тому  $^1\text{H}$  ЯМР спектри ОН-протонів СЕР представлено двома роздільними сигналами етанолу EtOH та води  $\text{H}_2\text{O}$  (рис. 2). Компонента EtOH — симетричний синглет з розширеною основою і вершиною правильної форми з хімічним зсувом  $\delta_{\text{EtOH}} = 5,65$  м. ч. Компонента  $\text{H}_2\text{O}$  — синглет із  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,85$  м. ч. Різниця в хімічних зсувах між EtOH і  $\text{H}_2\text{O}$  складає 0,80 м. ч. (320 Гц).

У  $^1\text{H}$  ЯМР спектрі води питної (рис. 3) є єдиний сигнал у вигляді синглету з розширеною основою і вершиною неправильної форми при  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,60$  м. ч.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри води питної після ЕХА: аноліт — синглет із  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = (4,19; 4,18)$  м. ч. (рис. 4); католіт — синглет із  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = (4,50; 4,48)$  м. ч. (рис. 5). Стосовно питної води аноліт має зміщення у «сильне поле» на  $\Delta\delta = 0,415$  м. ч. ( $\Delta f = 166$  Гц), католіт має зміщення гідроксильного протона в «сильне поле» на середню величину  $\Delta\delta = 0,110$  м. ч. ( $\Delta f = 44$  Гц).



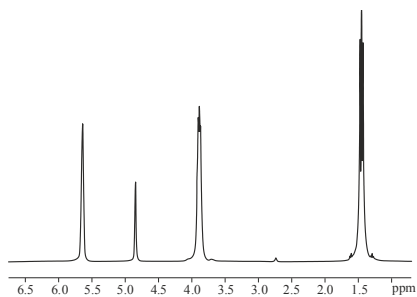


Рис. 2.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів СЕР

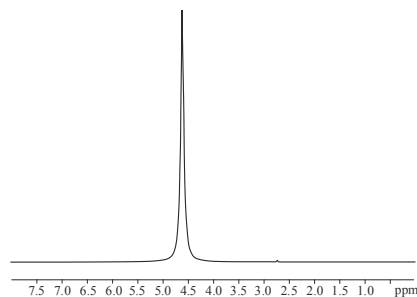


Рис. 3.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів води питної

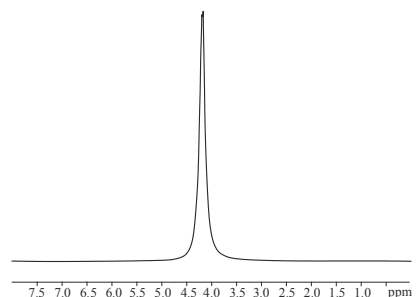


Рис. 4.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів води питної після ЕХА (аноліт)

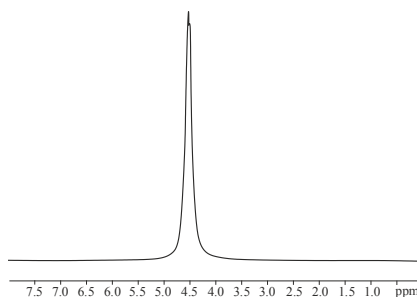


Рис. 5.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів води питної після ЕХА (католіт)

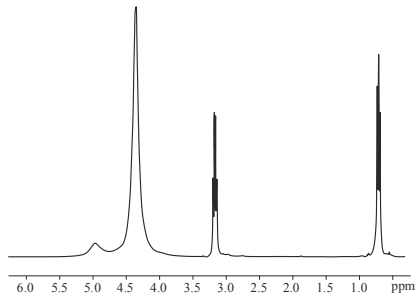


Рис. 6.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС на СЕР та воді питній

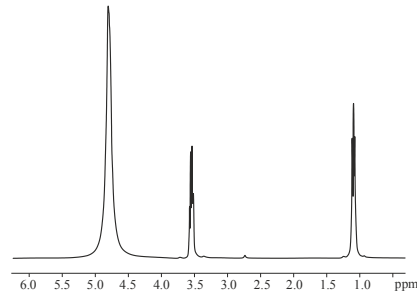


Рис. 7.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС на СЕР та воді питній після ЕХА (аноліт)

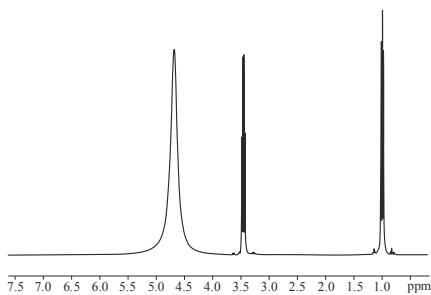


Рис. 8.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС на СЕР і воді питній після ЕХА (католіт)

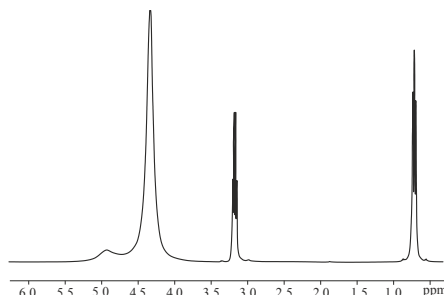


Рис. 9.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС після обробки АВ на СЕРі воді питній

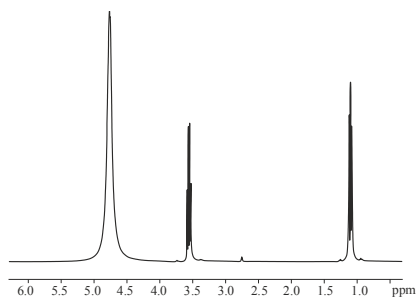


Рис. 10.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС після обробки АВ на СЕР і воді питній після ЕХА (аноліт)

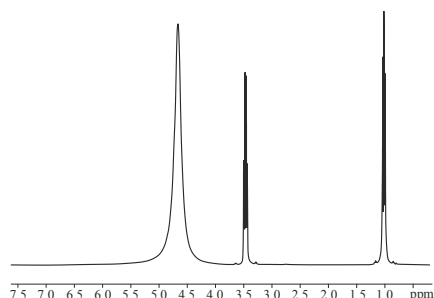


Рис. 11.  $^1\text{H}$  ЯМР спектри протонів ВСС після обробки АВ на СЕР і воді питній після ЕХА (католіт)

При виробництві горілок із СЕР класу «Люкс» вода підготовлена повинна відповідати вимогами СОУ 15.9-37-237:2005 «Вода підготовлена для лікеро-горілчаного виробництва. Технічні умови». Вода, яка є предметом дослідження, загалом не задовольняє вимоги горілчаного виробництва за фізико-хімічними показниками і потребує подальшої підготовки. Наші дослідження були направлені на з'ясування внутрішніх аспектів встановлення рівноваги ВСС при використанні ЕХА та визначення перспективності її використання як одного з попередніх етапів водопідготовки.

На рис. 12 представлено залежність водневого показника (рівня рН) від окисно-відновного показника (ОВП) для води, ВСС, ВСС після АВ без обробки та після ЕХА. При цьому можна спостерігати три області зразків:  $a_0$  — без обробки (1.0 — вода питна; 3.0 — ВСС на воді питній; 4.0 — ВСС на воді питній після обробки АВ);  $a_1$  — зразки на католіті;  $a_2$  — зразки на аноліті.

Встановлено, що зразки аноліту і католіту характеризуються різкими змінами рівня рН і ОВП відносно первинних значень: при анодній ЕХА водневий показник набуває більш кислотну реакцію (рН = 2,40); ОВП — збільшений до позитивних (окислювальних) значень (ОВП = +427 мВ); при катодній — рівень рН = 9,84 набуває більш лужну реакцію; ОВП — зменшений до негативних (відновних) значень (ОВП = -182,5). Таким чином, електрохімічні реакції, які відбуваються в анодній та катодній камерах діафрагмового електролізера, призводять до зміни усієї системи міжмолекулярних взаємодій, при цьому різні зарядові стани молекул в аноліті та католіті призводять до відмінностей в електронному розподілі, що позначається на значеннях хімічних зсувів ОН-протонів.

У процесі змішування СЕР класу «Люкс» (рис. 2) з водою питною (рис. 3) утворюється ВСС (рис. 6),  $^1\text{H}$  ЯМР спектри якої представлено двома сигналами гідроксильних протонів  $\text{EtOH}$  та  $\text{H}_2\text{O}$ . Компонента  $\text{EtOH}$  зображена у вигляді опуклості, яка знаходиться у «слабшому полі» з  $\delta_{\text{EtOH}} = 4,96$  м. ч., компонента  $\text{H}_2\text{O}$  представлена у вигляді симетричного синглету із  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,36$  м. ч. Різниця в хімічних зсувах між  $\text{EtOH}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  складає  $\Delta\delta = 0,60$  м. ч. ( $\Delta f = 240$  Гц).

При створенні ВСС (рис. 7) на СЕР класу «Люкс» (рис. 2) з анолітом (рис. 4) протонні спектри характеризуються сумарним синглетом  $\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}$  з  $\delta_{\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}} = (4,82; 4,81; 4,80)$  м. ч. Форма сигналу  $\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}$  — викривлена гаусова, з

розширеною основою і певною асиметрією вершини, яка має один головний високопольний пік та два додаткових низькопольних піки. При створенні ВСС (рис. 8) на СЕР класу «Люкс» (рис. 2) з католітом (рис. 5) протонні спектри представлені одним сумарним синглетом —  $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$  з розширеною основою і вершиною правильної форми та  $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,69$  м. ч.

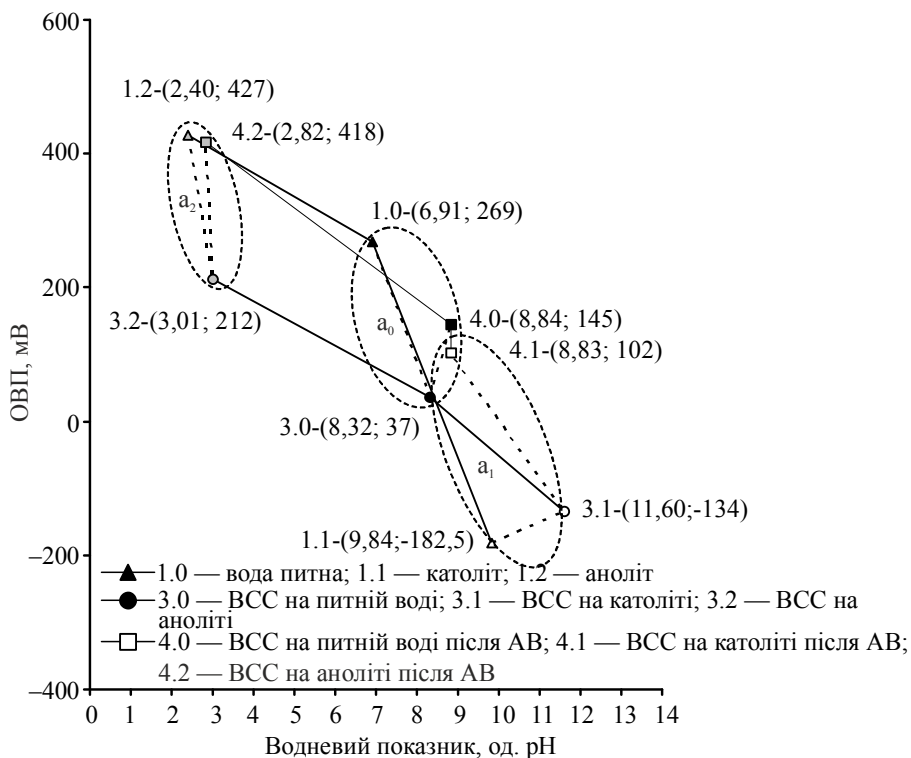


Рис. 12. Залежність водневого показника від ОВП:  $a_0$  — область зразків без обробки;  $a_1$  — область зразків після ЕХА (католіт);  $a_2$  — область зразків після ЕХА (аноліт)

Таким чином, отримана ВСС на питній воді з рівнем  $\text{pH} = 6,91$  і СЕР класу «Люкс» має рівень  $\text{pH} = 8,32$ , що відповідає зниженій концентрації іонів гідроксонію  $\text{H}_3\text{O}^+$  відносно іонів гідроксиду  $\text{OH}^-$ . При постійній концентрації спирту у ВСС (об'ємна частка етанолу — 39,94 %) і термостатуванні системи при  $^1\text{H}$ -ЯМР дослідженнях ( $T = 296,5$  К), швидкість обміну  $\text{EtOH}$  знаходиться у проміжній області з можливістю роздільного спостереження сигналів.

За рахунок ЕХА при створенні ВСС на аноліті з рівнем  $\text{pH} = 2,40$  і СЕР класу «Люкс» отримана ВСС має рівень  $\text{pH} = 3,01$ , що характеризує кисле середовище. ВСС на католіті з рівнем  $\text{pH} = 9,84$  має сильно лугове середовище ( $\text{pH} = 11,60$ ). Ці полярні співвідношення концентрацій  $\text{H}_3\text{O}^+$  до  $\text{OH}^-$  для аноліту та католіту призводять до перебудови структури в системі спирт/вода, тому протонний обмін прискорюється і спостерігається тільки один загальний сигнал рухливих протонів  $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$  несиметричної форми. При цьому

ЕХА води інтенсифікує окислювально-відновні реакції при створенні ВСС, за рахунок збільшення МК альдегідів та естерів. Альдегіди представлені ацетальдегідом, який утворюється за рахунок окислення етанолу киснем. Естери представлені етилацетатом, за рахунок окислення киснем частини ацетальдегіду до оцтової кислоти та взаємодією частини оцтової кислоти з етанолом до утворення етилацетату.

Після обробки АВ ВСС на воді питній (рис. 9), отримана горілка характеризується двома сигналами гідроксильних протонів EtOH та H<sub>2</sub>O. Компонента EtOH представлена у вигляді опуклості, яка знаходиться у «слабкішому полі» із  $\delta_{\text{EtOH}} = 4,93$  м. ч., компонента H<sub>2</sub>O представлена у вигляді симетричного синглету з  $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,33$  м. ч. Різниця у хімічних зсувах між EtOH і H<sub>2</sub>O складає  $\Delta\delta = 0,60$  м. ч. ( $\Delta f = 240$  Гц). В процесі обробки АВ ВСС на аноліті (рис. 10), компонента характеризується одним сумарним піком — EtOH+H<sub>2</sub>O, представленим у вигляді симетричного синглету з  $\delta_{\text{EtOH+H}_2\text{O}} = (4,77; 4,76)$  м. ч.

Форма сумарного сигналу — викривлена гаусова з розширеною основою і вершиною, яка має один головний високопольний та додатковий низькопольний піки. В процесі обробки АВ ВСС на католіті (рис. 11), <sup>1</sup>H ЯМР спектри ОН-групи характеризуються одним сумарним піком — EtOH+H<sub>2</sub>O, представленим у вигляді симетричного синглету з хімічним зсувом  $\delta_{\text{EtOH+H}_2\text{O}} = 4,67$  м. ч.

Горілка, приготовлена на СЕР класу «Люкс», повинна відповідати таким показникам: МК альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід — не більше 4 мг/дм<sup>3</sup>; МК сивушного масла у перерахунку на суміш пропилового, ізобутилового та ізоамілового спиртів — не більше 4 мг/дм<sup>3</sup>; МК естерів у перерахунку на оцтово-етиловий естер — не більше 5 мг/дм<sup>3</sup>; об'ємна частка метилового спирту — не більше 0,01%; лужність — від 0,5 до 3,5 см<sup>3</sup>. Хоча вода питна та вода питна після ЕХА не відповідають вимогам нормативної документації (СОУ 15.9-37-237:2005), горілка, створена на цій воді, відповідає вимогам ДСТУ 4256:2003, окрім лужності для горілки на аноліті. При цьому є суттєві зміни рівня рН та ОВП у ВСС на католіті після обробки АВ та подальшого витримування. За первинного рН = 11,60 для ВСС, після обробки АВ ВСС на католіті рівень рН = 8,83, при цьому первинне ОВП = -134 мВ, після обробки АВ ВСС на католіті ОВП = +102 мВ.

Можна стверджувати, що обробка АВ ВСС на воді ЕХА та подальше витримування горілки перед розливом ( $\tau = 24 \cdot 60^2$  с) призводять до релаксації ВСС, за рахунок якої відбувається повернення значень рН і ОВП до нових рівноважних значень, які у даному випадку є «маркерами» стабілізації, за одночасної стабілізації стану гідроксильних груп етанолу та води й усереднення сигналів.

За зовнішнім виглядом усі три зразки після фільтрації та обробки ВСС АВ — рідини безбарвні та без осаду. За рахунок того, що термін придатності горілок складає 24 місяці, нами були проведено додаткові дослідження зразків на їх стабільність у процесі зберігання. Так, при оптимальних умовах зберігання впродовж двох місяців сталися зміни у зовнішньому вигляді: горілка на питній воді — безбарвна рідина з великою кількістю жовтуватого, скоагульо-

ваного осаду; горілка на аноліті — безбарвна рідина з великою кількістю сіруватого, скоагульованого осаду; горілка на католіті — безбарвна рідина з невеликою кількістю білого осаду. Тобто в процесі зберігання горілок проявилися всі невідповідності, які були пов'язані з водою питною та водою питною після ЕХА вже на етапі створення ВСС.

### **Висновки**

На підставі проведеного дослідження встановлена принципова відмінність поведінки ВСС та горілок, які приготовлені на воді питній, та воді, що пройшла обробку ЕХА. Система з несталою рівновагою характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і питної води.

Система спирт/вода зі сталою рівновагою та високою мірою узагальнення протонів, а також характерними для неї швидкостями обміну, характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і води питної, яка пройшла ЕХА у діафрагмовому електролізері. Таким чином, дослідження підтвердило можливість і доцільність використання  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопії для поточного контролю технологічного процесу створення ВСС з водою, що була піддана ЕХА. Показано, що цей метод є ефективним засобом встановлення повноти урівноваження системи спирт/вода за наявності типових для технологічних ВСС додаткових компонентів розчинів. Показана ефективність використання ЕХА для вирішення завдань водопідготовки у виробництві горілчаних виробів.

### **Література**

1. *Albert K.* On-line LC-NMR and related techniques / Klaus Albert. — Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2002. — 290 p.
2. *Methods for structure elucidation by high-resolution NMR. Application to organic molecules of moderate molecular weight* / [edited by Gy. Batta, K.E. Köver, Cs. Szantaz, Jr.]. — Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Singapore, Tokyo: Elsevier, 1997. — 357 p. (Analytical spectroscopy library — volume 8).
3. *Holzgrabe U.* NMR spectroscopy in pharmaceutical analysis / U. Holzgrabe, I. Wawer, B. Diehl / [edited by B. Diehl]. — Amsterdam, Oxford: Elsevier, 2008. — 501 p.
4. *Meusinger R.* NMR-Spektren richtig ausgewertet : 100 Übungen für Studium und Beruf / Reinhard Meusinger. — Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2010. — 191 p.
5. *Signal treatment and signal analysis in NMR* / [edited by D.N. Rutledge]. — Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Tokyo: Elsevier, 1996. — 548 p. (Data handling in science and technology — volume 18).
6. *Becker E.D.* The development of NMR / Edwin D. Becker, Cherie L. Fisk, C.L. Khetrpal // *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance* : 9 volume set / [editors in chief] D.M. Grant, R.K. Harris. — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. — 6490 p. — V. 1 — P. 1—154.
7. *Becker E.D.* Hydrogen bonding / Edwin D. Becker // *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance* : 9 volume set / [editors in chief] D.M. Grant, R.K. Harris. — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. — 6490 p. — V. 4. — P. 2409—2414.
8. *NMR quantum information processing* / [Oliveira I.S., Bonagamba T.J., Sarthour R.S. and other]. — Amsterdam, Oxford: Elsevier, 2007. — 250 p.
9. *Richards S.A.* Essential practical NMR for organic chemistry / S.A. Richards, J.C. Hollerton. — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. — 216 p.
10. *Abraham R.J.* Modelling  $^1\text{H}$  NMR spectra of organic compounds : Theory, applications and NMR prediction software / Raymond J. Abraham, Mehdi Mobli. — Wiltshire: John Wiley & Sons Ltd, 2008. — 380 p.

11. *Arnold J.T.* Early perceptions in nuclear magnetic resonance (NMR) // Encyclopedia of nuclear magnetic resonance : 9 volume set / [editors in chief] D.M. Grant, R.K. Harris. — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. — 6490 p. — V. 1 — P. 192—198.

12. *Kuzmin O.* Effects of the water desalting by reverse osmosis on the process of formation of water—alcohol mixtures. <sup>1</sup>H NMR spectroscopy studies / Kuzmin O., Suikov S., Niemirich O., Ditrich I., Sylka I. // Ukrainian Food Journal. — Kyiv: NUFT, 2017. — Volume 6, Issue 2. — P. 239—257.

13. *Kuzmin O.* Identification of equilibrium state of hydroxyl protons in vodkas by <sup>1</sup>H NMR spectroscopy / Kuzmin O., Suikov S., Koretska I., Matiyashchuk O., Poliovyk V. // Ukrainian Food Journal. — Kyiv: NUFT, 2017. — Volume 6, Issue 2. — P. 314—336.

14. *Kuzmin O.* The change of the hydroxyl protons in aqueous alcoholic mixtures under the process of making vodkas / O. Kuzmin, S. Sujkov, V. Topol'nik. // The advanced science journal. — Special issue in China, December, 2013. — P. 15—27.

15. *Kuzmin O.* <sup>1</sup>H NMR analysis of the aqueous—alcoholic mixtures, prepared with drinking water of south—eastern region of Ukraine / O. Kuzmin, V. Topol'nik, S. Sujkov // The advanced science journal. — United States. Torrance, 2013. — Issue 8, august 2013. — P. 21—31.

УДК 664.663.9

## DEVELOPMENT OF COMPLEX BAKERY IMPROVING AGENTS FOR BAKERY PRODUCTS OF EXTENDED SHELF LIFE

O. Bilyk

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Baking improver  
Baked goods  
Staling  
Retrogradation of starch  
Friability  
Swelling*

---

**Article history:**

Received 15.09.2017  
Received in revised form  
06.10.2017  
Accepted 21.10.2017

---

**Corresponding author:**

O. Bilyk  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-27-23-5-2-30

---

---

**ABSTRACT**

The article deals with the technological aspects of the production of complex baking improvers for extending the duration of freshness of wheat flour bakery products. It has been established that the optimal dosage of improver is 2.0...3.0% to the mass of flour. The positive influence of complex baking improvers on the index of friability, swelling and aroma preservation has been proved. The obtained results prove the expediency of using complex bakery improvers in the technology of bread wheat flour products to extend the duration of their freshness to 72 hours of storage in unpackaged form.

## РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНИХ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПОЛІПШУВАЧІВ ДЛЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ПОДОВЖЕНОГО ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ

О.А. Білик

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто технологічні аспекти виробництва комплексних хлібопекарських поліпшувачів для подовження тривалості свіжості хлібобулочних виробів з пшеничного борошна. Встановлено, що оптимальне дозування поліпшувачів становить 2,0...3,0% до маси борошна. Доведено позитивний вплив комплексних хлібопекарських поліпшувачів на показник кришкуватості, набухання та збереження аромату. Отримані результати доводять доцільність використання комплексних хлібопекарських поліпшувачів у технології хлібобулочних виробів з пшеничного борошна для подовження тривалості їх свіжості до 72 год зберігання в неупакованому вигляді.*

**Ключові слова:** комплексні хлібопекарські поліпшувачі, хлібобулочні вироби, черствіння, ретроградація крохмалю, кришкуватість, набухання.

**Постановка проблеми.** Постійний дефіцит різних нутрієнтів у людей старших вікових груп призводить до того, що фізичний стан і здоров'я останніх в цілому нестабільні, що, у свою чергу, сприяє загостренню хронічних захворювань, порушенню аліментарно-залежних і аліментарно-впливаючих функцій організму. Пріоритетним напрямом у вирішенні цієї проблеми є удосконалення існуючих і розроблення нових технологій хлібобулочних виробів для людей похилого віку, в тому числі збагачених макро- і мікронутрієнтами, повноцінними білками тощо.

Хлібобулочні вироби у харчуванні людей похилого віку за частотою споживання знаходяться на першому місці. Тому підвищення харчової цінності та подовження тривалості зберігання хлібобулочних виробів за рахунок використання нетрадиційної сировини, збагачення мінеральними речовинами дасть змогу донести останні до найширших верств населення, особливо людей похилого віку.

Черствіння хлібобулочних виробів різко знижує споживчі властивості. З точки зору споживачів, найбільш характерними ознаками черствіння є зміна аромату і смаку, підвищення жорсткості та зниження пружності як скоринки і м'якушки окремо, так і цілого виробу. Подовження термінів свіжості випечених хлібобулочних виробів є актуальним завданням практиків і вчених хлібопечення. У зв'язку з цим актуальним є розроблення комплексних хлібопекарських поліпшувачів на основі нетрадиційної сировини для подовження терміну збереження свіжості хлібобулочним виробами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час зберігання хлібобулочних виробів знижуються їх споживчі властивості, м'якушка набуває жорсткості, погіршуються її пружність та еластичність, скоринка з блискучої та хрумкої перетворюється на тьмяну, тверду, втрачається смак і аромат, притаманні свіжим виробам. Зовнішні ознаки черствіння хлібобулочних виробів проявляються вже через 8...10 год після випікання.

На думку науковців [1], хлібобулочні вироби стають черствими, коли стиснення м'якушки зменшується на 40% порівняно із свіжовипеченими, а крихкість збільшується у 2,5...3 рази.

Черствіння хлібобулочних виробів є результатом складних фізико-хімічних, колоїдних і біохімічних процесів. Вивченню цих процесів присвячені праці багатьох дослідників [2—4].

Вважається, що черствіння хлібобулочних виробів пов'язане зі старінням клейстеризованого крохмалю і денатурованих білків, а також зі зміною форм зв'язку вологи в м'якушці [3; 5].

Способи збереження свіжості хлібобулочними виробами можна умовно розділити на дві групи: одні сприяють уповільненню чи маскуванню процесів черствіння, інші — направлені на запобігання сильного усихання хліба та збереження скоринки і прошарків м'якушки під скоринкою у м'якому стані [1].

Для уповільнення процесу черствіння ефективним є використання нетрадиційної сировини і харчових добавок, які поряд із сповільненням процесу черствіння підвищують харчову цінність хліба, збагачують його важливими для життєдіяльності людини речовинами.



До такої сировини відноситься борошно з насіння бобових культур. Це соєве, горохове борошно; гідротермічно оброблене насіння гороху, змішане з крохмалем; квасолеве, нутове, сочевичне, люпинове борошно тощо. Застосування цих добавок можливе за умови дотримання певних технологічних параметрів перебігу процесів і використання додаткових компонентів [6]. Основною перевагою у використанні таких видів борошна є вищий вміст у них білка і мінеральних речовин. У Національному університеті харчових технологій розроблено технологічну схему виробництва сухого квасолевого борошна [7].

Як білкову сировину також доцільно використовувати пивний білок, який отримують фільтруванням витриманого пива через діатомітові, мембранні або інші фільтри. Під час фільтрування разом з білками відфільтровуються білково-дубильні сполуки та хмелеві смоли, які надають виробам специфічного смаку та аромату, що перешкоджає застосуванню пивного білка в хлібопекарській промисловості [8]. У разі використання вологого пивного білка виникає ще ряд проблем. Однією з них є його низька стійкість під час зберігання, оскільки залишаються життєздатними більшість мікроорганізмів, тому за температури 15...30° С пивний білок псується, внаслідок чого термін його зберігання становить 24...74 год. Інша проблема — складність дозування під час замішування тіста. Для усунення специфічного смаку й аромату пивного білка та створення технологічної зручності його використання в хлібопекарській промисловості в Національному університеті харчових технологій розроблено технологію пивного порошку [9].

Для життєдіяльності організму необхідні біометали в харчуванні людей похилого віку, тому існує необхідність збагачення ними харчових продуктів [10].

Проблемою використання у технології хлібобулочних виробів є вибір фізико-хімічних форм мікронутрієнтів [11]. У Національному університеті харчових технологій спільно з дослідниками Національного університету біоресурсів і природокористування розроблено спосіб збагачення сухої молочної сироватки магнієм і марганцем унаслідок електроіскровий обробки сировини. Використання у технології хлібобулочних виробів сухої сироватки, збагаченої Mg і Mn, підвищує біодоступність цих металів, оскільки саме в такій формі вони функціонують в організмі [12].

Як вуглеводну сировину науковці пропонують використовувати картопляні продукти, які вносять у кількості 3...15% до маси борошна в різноманітному вигляді — пюре, пластівці, крохмаль, борошно тощо для поповнення недостатньої кількості крохмалю в борошні [8]. Через те, що картопля у сирому вигляді погіршує якість хлібобулочних виробів, затемнює його м'якушку, в Національному університеті харчових технологій розроблено технологічну схему виробництва сухого картопляного порошку [13].

Для подовження свіжості хлібобулочних виробів використовують також комплексні поліпшувачі якості хлібобулочних виробів, які містять від двох до восьми і більше інгредієнтів, випускаються у вигляді порошку, пасто-подібному або в рідкому стані. Дозування їх в тісто становить від 0,1 до 3,0% до маси борошна [14]. Названі фактори вказують на можливість створення комплексних хлібопекарських поліпшувачів на основі вищезазначеної нетра-

диційної сировини для подовження тривалості зберігання хлібобулочних виробів, до складу яких буду входити також харчові добавки, які мають високу водопоглинальну здатність, ферменти амілолітичної дії, емульгатори, аскорбінова кислота.

**Метаю дослідження** є розроблення рецептур комплексних хлібопекарських поліпшувачів для подовження тривалості збереження свіжості та підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів.

**Матеріали і методи.** Матеріалом досліджень було обрано пивний, квасолевий, сухий картопляний порошок, суху молочну сироватку, збагачена Mg і Mn, харчові добавки, тісто та хлібобулочні вироби, виготовлені із застосуванням комплексних хлібопекарських поліпшувачів.

Методи досліджень — органолептичні, фізико-хімічні, загальноприйняті та спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

**Викладення основних результатів дослідження.** Для визначення оптимального дозування нетрадиційної сировини та харчових добавок у рецептури комплексних хлібопекарських поліпшувачів проводили пробні лабораторні випікання та оцінювали якість готових хлібобулочних виробів за комплексним показником якості.

За показники якості було обрано: питомий об'єм виробів, правильність форми, колір скоринки, черствіння, стан поверхні, колір м'якушки, структуру пористості, формостійкість, реологічні властивості, аромат, смак, розжовуваність м'якушки.

Розрахунок комплексного показника якості здійснювали за формулою:

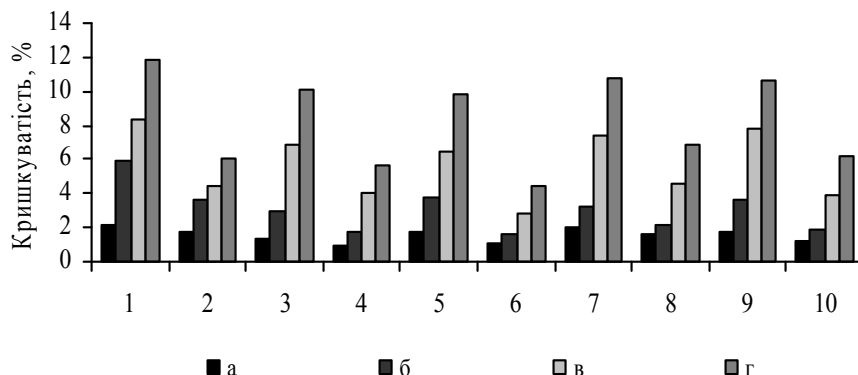
$$K_o = \sum_{i=1}^n m_i x_i ,$$

де  $K_o$  — комплексна оцінка якості хліба, балів;  $m_i$  — коефіцієнт вагомості кожного показника;  $x_i$  — оцінка кожного показника за п'ятибальною шкалою;  $i$  — показник якості хліба;  $n$  — кількість показників.

У результаті досліджень розроблено комплексні хлібопекарські поліпшувачі: КХП «Свіжість» (пивний порошок, лецитин, ферментний препарат амілолітичної дії, карбоксиметилцелюлоза, аскорбінова кислота) для виробів, які містять у рецептурі пшеничні висівки; КХП «Свіжість К+» (квасолевий порошок, лецитин, ферментний препарат амілолітичної дії, карбоксиметилцелюлоза, аскорбінова кислота) для хліба з пшеничного борошна; КХП «Свіжість+» (сухий картопляний порошок, ферментний препарат амілолітичної дії, мальтодекстрин, аскорбінова кислота) для булочних виробів з пшеничного борошна; КХП «Свіжість СМС» (суха молочна сироватка, збагачена Mg і Mn, ферментний препарат амілолітичної дії, карбоксиметилцелюлоза, аскорбінова кислота) для хліба з пшеничного борошна; КХП «Свіжість СМС+» (суха молочна сироватка, збагачена Mg і Mn, ферментний препарат амілолітичної дії, мальтодекстрин, аскорбінова кислота) для булочних виробів.

За комплексним показником якості встановлено, що оптимальним дозуванням комплексних хлібопекарських поліпшувачів є дозування 2,0...3,0% до маси борошна.

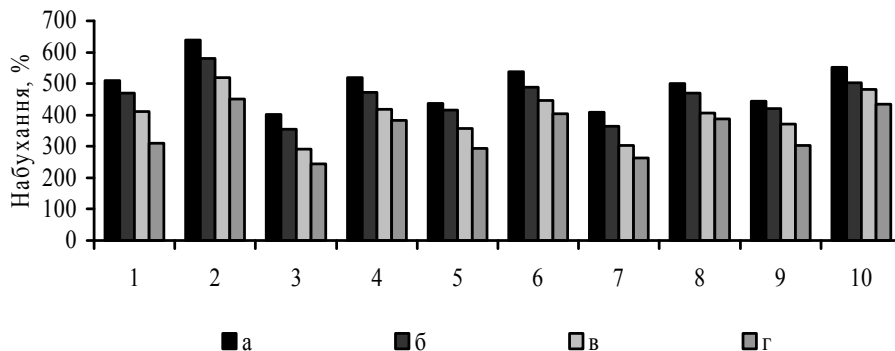
Процес черствіння найчастіше пов'язують з ущільненням структури крохмалю, яке відбувається в результаті його ретроградації. При цьому об'єм крохмальних зерен зменшується і між молекулами білка й крохмалю з'являються порожнини. Утворення таких тріщин пояснюється збільшенням кришкуватості хліба під час зберігання [2]. Результати досліджень представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Вплив комплексних хлібопекарських поліпшувачів на кришкуватість, %: а — через 4 год; б — через 24 год; в — через 48 год; г — через 72 год; 1, 3, 5, 7, 9 — контроль; 2 — КХП «Свіжість», 4 — КХП «Свіжість К+», 6 — КХП «Свіжість+», 8 — КХП «Свіжість СМС», 10 — КХП «Свіжість СМС+»

Аналіз результатів показав, що порівняно з контролем значення кришкуватості зменшується у разі зберігання 72 год за умови використання поліпшувачів КХП «Свіжість» — на 48,3%; КХП «Свіжість К+» — на 44,5%; КХП «Свіжість+» — на 55,1%; КХП «Свіжість СМС» — на 37,0%; КХП «Свіжість СМС+» — 41,5%. Поступово в процесі зберігання значення кришкуватості зростало в обох зразках.

Паралельно збільшенню кришкуватості відбуваються зміни в набуванні. Цей процес має зворотний характер (рис. 2).



**Рис. 1.** Вплив комплексних хлібопекарських поліпшувачів на кришкуватість, %: а — через 4 год; б — через 24 год; в — через 48 год; г — через 72 год; 1, 3, 5, 7, 9 — контроль; 2 — КХП «Свіжість», 4 — КХП «Свіжість К+», 6 — КХП «Свіжість+», 8 — КХП «Свіжість СМС», 10 — КХП «Свіжість СМС+»

У міру збільшення кришкуватості набухання м'якушки хліба під час зберігання зменшується. Це пов'язано зі зниженням здатності колоїдних речовин поглинати воду за рахунок ущільнення структури крохмалю і білків у процесі їх старіння [1]. Проте це зменшення є суттєвим під час зберігання контролю. Зв'язування води м'якушкою виробів, в які вносили комплексні хлібопекарські поліпшувачі, також зменшується в процесі зберігання, але це зменшення за три доби зберігання становило 25...30% порівняно з контролем (35...45%), що свідчить про уповільнення старіння гідроколоїдів виробів.

Одним із процесів, що найінтенсивніше відбувається під час зберігання хлібобулочних виробів, є деформація м'якушки хліба, яку визначали через 4, 24, 48 і 72 год зберігання за допомогою пенетрометра АП 4/1 [15]. Результати досліджень представлено в табл. 1.

*Таблиця 1. Показники деформації м'якушки виробів у період зберігання (n = 3, p ≤ 0,05)*

Зразки хліба, термін зберігання	Вид деформації, одиниць приладу			Збереження свіжості, %
	загальна	пластична	пружна	
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	76	50	26	
З КХП «Свіжість»	98	69	29	
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	36	20	16	47,4
З КХП «Свіжість»	71	49	22	72,4
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	80	51	29	
З КХП «Свіжість К+»	117	77	40	
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	32	18	14	40,0
З КХП «Свіжість К+»	79	52	27	67,5
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	82	52	30	
З КХП «Свіжість+»	118	77	41	
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	46	34	12	56,1
З КХП «Свіжість+»	87	61	26	73,7
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	86	53	33	
З КХП «Свіжість СМС»	112	77	35	
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	35	21	14	40,1
З КХП «Свіжість СМС»	86	52	34	76,7
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	88	52	36	
З КХП «Свіжість СМС+»	116	77	39	
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	51	34	17	57,9
З КХП «Свіжість СМС+»	91	62	29	78,4

Як свідчать дані табл. 1, за умови додання в тісто комплексних хлібопекарських поліпшувачів покращується загальна, пластична і пружна дефор-

мація м'якушки. Досліджувані добавки сприяють поліпшенню збереження виробами свіжості. Це можна пояснити збільшенням в тісті кількості білків. Внесення білкових речовин робить структуру пор м'якушки міцнішою внаслідок підсилення гідратаційних зв'язків, а це стримує витрату вологи крохмалем під час зберігання виробів. У разі додання в тісто ферменту амілолітичної дії знижується швидкість рекристалізації амілопектинової фракції крохмалю, що затримує його ретроградацію. Вміст карбоксиметилцелюлози, мальтодекстрину в комплексних хлібопекарських поліпшувачах сприяє утриманню вологи під час зберігання за рахунок зв'язування ними води.

Формування смаку й аромату виробів залежить від складових рецептури і речовин, що утворюються під час дозрівання тіста та випікання тістових заготовок (продуктів взаємодії цукрів, інших карбонільних сполук з амінокислотами і білками) [16].

Відомо [17], що загальний вміст карбонільних сполук у скоринці та підскоринковому шарі хлібобулочних виробів у 4—6 разів більший, ніж у м'якушці. Дослідження вмісту карбонільних сполук за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук показали (табл. 3), що у разі використання комплексних хлібопекарських поліпшувачів у виробках збільшується вміст бісульфітзв'язуючих сполук порівняно з контролем у 1,8...2,1 раза. Це пояснюється збільшенням кількості речовин, що формують аромат під час дозрівання тіста та випікання тістових заготовок.

*Таблиця 2. Вміст бісульфітзв'язуючих сполук у хлібцях висівкових, см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину йоду на 100 г сухих речовин  $n = 3, p \leq 0,05$*

Зразки досліджуваних хлібобулочних виробів	М'якушка	Скоринка
1	2	3
4 год зберігання		
Контроль (без добавок)	8,7	24,5
З КХП «Свіжість»	16,9	20,6
72 год зберігання		
Контроль (без добавок)	4,1	7,6
З КХП «Свіжість»	8,8	16,7
4 год зберігання		
Контроль (без добавок)	6,2	17,5
З КХП «Свіжість К+»	9,4	28,1
72 год зберігання		
Контроль (без добавок)	2,8	5,4
З КХП «Свіжість К+»	4,9	9,3
4 год зберігання		
Контроль (без добавок)	6,8	27,9
З КХП «Свіжість+»	7,6	31,1
72 год зберігання		
Контроль (без добавок)	3,3	13,2
З КХП «Свіжість+»	4,6	18,8
4 год зберігання		
Контроль (без добавок)	9,3	26,1
З КХП «Свіжість СМС»	17,9	22,1

1	2	3
72 год зберігання		
Контроль (без добавок)	5,6	8,9
З КХП «Свіжість СМС»	9,8	17,7
4 год зберігання		
Контроль (без добавок)	7,1	26,3
З КХП «Свіжість СМС+»	8,9	30,4
72 год зберігання		
Контроль (без добавок)	4,9	12,2
З КХП «Свіжість СМС+»	5,7	19,8

Збільшення кількості карбонільних сполук у виробках корелює з інтенсивнішим смаком і ароматом виробів та забарвленням скоринки. Додання розроблених поліпшувачів сприяє кращому збереженню ароматичних речовин як у м'якушці, так і в скоринці дослідного зразка, порівняно з контролем.

Отже, проведеними дослідженнями доведено, що використання комплексних хлібопекарських поліпшувачів позитивно впливає на подовження свіжості хлібобулочних виробів з пшеничного борошна.

### **Висновки**

Дослідження показали, що використання розроблених комплексних хлібопекарських поліпшувачів подовжує тривалість зберігання готових виробів з пшеничного борошна. Дослідженнями встановлено, що у разі застосування комплексних хлібопекарських поліпшувачів зменшується кришкуватість готових виробів, збільшується набухання та покращуються реологічні властивості м'якушки, що дає змогу подовжити термін збереження виробами свіжості протягом 72 год.

### **Література**

1. Козьмина Н.П. Современные аспекты черствения хлеба. / Н.П. Козьмина, Т.Н. Ильинская. Обзор. — Москва, 1973. — 42 с.
2. Горячева А.Ф. Сохранение свежести хлеба. / А.Ф. Горячева, Р.В. Кузьминский — Москва : Легкая и пищевая про-ть, 1984. — 191 с.
3. Кретович В.А. Проблемы пищевой полноценности хлеба / В.А. Кретович, Р.Р. Токарева. — Москва : Наука, 1978. — 287 с.
4. Кульман А.Г. Коллоиды в хлебопечении. — Москва : Наука, 1953. — 239 с.
5. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. — Київ : Логос, 2002. — 366 с.
6. Про перспективи і проблеми використання квасолі у виробництві січених напівфабрикатів / Ю.О. Лукомський, Л.В. Молоканова // Продукты & ингредиенты. — 2012. — № 7. — С. 58—59.
7. Халікова Е.Ф. Вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К+» на тривалість зберігання хлібобулочних виробів / Е.Ф. Халікова, О.А. Білик, В.І. Бондар // Продовольчі ресурси. — 2014. — № 3. — С. 47—51.
8. Дробот В.І. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. — Київ : Урожай, 1988. — 151 с.
9. Билык Е. Пивной порошок — нетрадиционное сырье в продлении срока хранения хлебобулочных изделий / Е. Билык, Э. Халикова, А. Маринин, В. Захаревич // Научни трудове. Том LXI «Хранительна наука, техніка і технологи 2014». — Пловдив, 2014. — С. 14—19.

- 10 Гулич М.П. Сучасні підходи до гігієнічної оцінки функціональних продуктів харчування [Текст] / М.П. Гулич // СЕС-профілактична медицина. — 2005. — № 1. — С. 54—55.
11. Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология [Текст] / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский; под общ. ред. В.Б. Спиричева. — 2-е изд. — Новосибирск : Сиб. универ. изд-во, 2005. — 548 с.
12. Кочубей-Литвиненко О.В. Способ обогащения молочной сыворотки коллоидными частицами биогенных металлов Mg и Mn, перспективы ее использования [Текст] / О.В. Кочубей-Литвиненко, Е.А. Билык, В.В. Олишевский, А.И. Маринин, К.Г. Лопатько // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2015. — № 3. — С. 36—42.
13. Білик О.А. Картопляні продукти у хлібпеченні / О.А. Білик, Е.Ф. Халікова, А.В. Фаїн // Журнал «Хлібопекарська і кондитерська промисловість України». — 2014. — № 6. — С. 7—9.
14. Матвеева И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская — Москва : Телер, 1998. — 99 с.
15. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навчальний посібник [Текст] / за ред. чл.-кор. В.І. Дробот — Київ : НУХТ, 2015. — 902 с.
16. Чубенко Н.Т. Вкус и аромат — важные факторы воздействия на его потребление [Текст] / Чубенко Н.Т., Черета В.В. // Хлебопечение России. — 2008. — № 4. — С. 24—25.
17. Sirbu A. Bread flavours for a better consumers' acceptance [Text] / A. Sirbu // Baking Europe. — 2014. — P. 13—16.

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

### Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

### ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

### ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 650 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
  - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
  - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
  - формулювання мети статті;
  - викладення основного матеріалу;
  - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, ДСТУ ГОСТ 7.80:2007 і ДСТУ3582:2013. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.