



---

---

2017

---

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 23 № 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 # 9 of March, 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 № 9 від 2 березня 2017 року

© НУХТ, 2017

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

<b>Головний редактор</b> <b>Editor-in-Chief</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Українець</b> <b>Anatoliy Ukrainets</b>	
<b>Заступник головного редактора</b> <b>Deputy chief editor</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Шевченко</b> <b>Olexander Shevchenko</b>	
<b>Відповідальний секретар</b> <b>Accountable secretary</b>	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Юрій Пенчук</b> <b>Yuriy Penchuk</b>	

## Члени редакційної колегії:

<b>Анатолій Зайнчковський</b> <b>Anatoly Zainchkovskiy</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Король</b> <b>Anatoly Korol</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Ладанюк</b> <b>Anatoly Ladanyuk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Анатолій Сайганов</b> <b>Anatoly Sayganov</b>	д-р екон. наук, проф., Білорусь Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus
<b>Анжей Ковальський</b> <b>Anzhey Kowalski</b>	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics, Poland
<b>Анетта Зелінська</b> <b>Anetta Zielinska</b>	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University of Economics, Poland
<b>Брайан Мак Кенна</b> <b>Brian McKenna</b>	д-р техн. наук, проф., Ірландія Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland
<b>Віктор Доценко</b> <b>Victor Dotsenko</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Віра Оболкіна</b> <b>Vera Obolkina</b>	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Віктор Ємцев</b> <b>Viktor Yemtsev</b>	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Володимир Зав'ялов</b> <b>Vladimir Zavialov</b>	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 Малежик</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 Арсенєва</b> <b>Larisa Arsenyeva</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Леонід Дегтярьов</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 Pryiadko</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 Gusyatyunsk</b>	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
<b>Олександр Бараненко</b> <b>Oleksandr Baranenko</b>	д-р техн. наук, проф., Росія Ph. D. Hab., Prof., National Research University of Information Technologies, mechanics and optics, Russia
<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 Карпов</b> <b>Oleksandr Karpov</b>	д-р біол. 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 Полумбрук</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

### **Автоматизація та інформаційні технології**

*Сідлецький В.М., Ельперін І.В.* Тензорний аналіз в автоматизованій системі управління процесом пастеризації молока

*Горлова Т.М.* Прийняття управлінських рішень у корпоративних системах

### **Біотехнологія і мікробіологія**

*Пирог Т.П., Никитюк Л.В., Кондрашевська К.Р., Ключка І.В.* Вплив поверхнево активних речовин, синтезованих у різних умовах культивування *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, на деструкцію біоплівки *Escherichia coli* IEM-1

*Салюк А.І., Котинський А.В., Жадан С.О., Шаповалов Є.Б.* Режими метанової ферментації курячого посліду

*Макаренко Є.В., Покойовець К.Ю., Грегірчак Н.М.* Дослідження антагоністичних властивостей хліба з функціональними харчовими добавками

### **Економіка і соціальний розвиток**

*Пенчук Г.С.* Світовий досвід державного регулювання агропромислових підприємств

*Сокол Т.Г.* До питання про фахову підготовку екскурсійно-анімаційних кадрів у туризмі

### **Менеджмент**

#### **і стратегічне управління**

*Москаленко В.О., Дробот Ю.Ю.* Управління кадровими ризиками як напрям удосконалення механізму управління персоналом

*Казаков О.О., Казакова В.І.* Екаунтінг-менеджмент у системі менеджменту підприємства

*Кравець С.В.* Сутність та особливості управління маркетинговими ризиками підприємств

*Кондратиук С.Ю., Дунда С.П.* Формування механізму стратегічного розвитку підприємства

*Мазник Л.В., Мазник К.С.* Використання результатів рейтингової оцінки характеристик індивідуальної пропозиції робочої сили в навчальному процесі

### **Процеси і апарати харчових виробництв**

*Погорілий Т.М.* Регресійні рівняння для визначення теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози при уварюванні цукрового утфелю

*Копиленко А.В., Семенюк С.М., Шибецький В.Ю., Костик С.І.* Сучасна концепція моделювання гідродинаміки в ролерному біореакторі з поверхневим культивуванням клітинних культур

*Змієвський Ю.Г.* Дослідження процесу нанофільтрації молочної сироватки

## CONTENTS

### **Automation and Information Technologies**

*Sidletskiy V., Elperin I.* Tensor analysis within the automated system of milk pasteurization control

*Horlova T.* Decision making in corporate systems

### **Biotechnology and Microbiology**

*Pirog T., Nikitiuk L., Kondrashevskaya K., Kluchka I.* Influence of surfactants synthesized under different cultivation conditions of *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 on *Escherichia coli* IEM-1 biofilm destruction

*Salyuk A., Kotinsky A., Zhadan S., Shapovalov E.* Modes of methane fermentation of chicken manure

*Makarenko E., Pokoyovets E., Gregirchak N.* Analysis of antagonistic properties of bread with functional food additives

### **Enterprise Economy and Social Development**

*Penchuk G.* World experience of government regulation of agro-industrial enterprises

*Sokol T.* The issue of the professional training of guides and event staff in tourism

### **Business Administration and Strategic Management**

*Moskalenko V., Drobot J.* Personnel risk management as a way of improving the mechanism of personnel management

*Kazakov O., Kazakova V.* Accounting management in the enterprise management system

*Kravets S.* Essence and peculiarities of enterprise marketing risk management

*Kondratiuk S., Dunda S.* Establishment of the strategic development mechanism of an enterprise

*Maznyk L., Maznyk K.* Using the results of rating evaluation of the individual labor supply characteristics in the educational process

### **Processes and Equipment for Food Industries**

*Pogorilyy T.* Regression equations for determining thermal conductivity  $\lambda$  of intercrystalline sucrose solution at sugar massecuite boiling

*Kopylenko A., Semeniuk S., Shybetskiy V., Kostyk S.* Innovative concept of hydrodynamic modeling in a roller bioreactor with surface cultivation of cell cultures

*Zmievskii Yu.* Investigation of milk whey nanofiltration process

Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Васильківський К.В., Вінніченко І.М. Колігативні властивості культуральних середовищ

#### Тепло- і енергопостачання

Шестеренко В.С., Изволенький І.С. Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в системах електропостачання

Дудко С.Д. Деякі результати моделювання роботи нагрівної системи тунельної хлібопекарської печі

#### Харчові технології

Сімахіна Г.О., Халалсіна С.В. Структурні і біохімічні зміни білкових сполук при заморожуванні дикорослих ягід

Зінченко І.М., Терлецька В.А. Зміни білкових речовин грибів у процесі гідротермічного оброблення в технології грибних снєків

Карпова А.О., Куниця К.В., Білецький Е.В. Технологія борошняних кондитерських виробів з використанням нових рецептурних компонентів

Гнітєвич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів

Кузьмін О.В., Комарницький Р.В., Губеня В.О., Дочинець І.В. Розробка методу комплексної кількісної оцінки якості бісквітних напівфабрикатів

Головко М.П., Пенкіна Н.М., Колесник В.В., Полупан В.В. Використання методу апріорного ранжування чинників під час створення рецептур алкогольних напоїв

Махынко В.М., Дробот В.І., Соколовська І.О., Черниш Л.М. Формула еталонного білка: етапи розроблення і сучасні норми

Жулінська О.В., Свідло К.В., Половін Б.А. Визначення нормативних параметрів якості і безпечності функціональних харчових продуктів

Українець А.І., Пасічний В.М., Мороз О.О., Неводюк І.В. Використання білкових наповнювачів у виробництві напівкопчених ковбас

Булій Ю.В., Шиян П.Л., Куц А.М., Дмитрук А.П. Підвищення експлуатаційних характеристик брагоректифікаційних установок шляхом використання технології керованої ректифікації

Михонік Л.А., Грищенко А.М. Використання рисового борошна в технології безглютенового хліба

131 Shevchenko O., Sokolenko A., Vasylykivskyi K., Vinnichenko I. Colligative properties of a culture medium

#### Heat and Electricity

140 Shesterenko V., Izvolenskiy I. Improving the efficiency of reactive power compensation in electro-power systems

147 Dudko S. Some modeling results of the tunnel baking oven heating system operation

#### Food Technology

158 Simakhina G., Khalapsina S. Structural and biochemical shifts in protein compounds during wild berries freezing

166 Zinchenko I., Terletska V. Protein substances changes in mushrooms during hydrothermal treatment in mushroom snacks technology

175 Karpova A., Kumitsa K., Biletskiy E. The technology of flour confectionery products using new prescription components

182 Gnitsevych V., Deinychenko L., Goralchuk A. Rheological properties of milk-protein concentrates

191 Kuzmin O., Komarnytskyi R., Hubenia V., Dochynets I. Developing the method of complex quantitative estimation of the quality of biscuitine ready-to-cook foods

200 Holovko N., Penkina N., Kolesnyk V., Polupan V. The use of priori distribution factors while creating the recipes of alcoholic beverages

208 Makhyanko V., Drobot V., Sokolovska I., Chernish L. Reference protein formula: stages of development and modern standards

217 Zhulinska O., Svidlo K., Polovin B. Defining the standard parameters of functional food quality and safety

226 Ukrayinets A., Pasichnyi V., Moroz O., Nevoodyuk I. Use of protein production fillers in smoked sausages

234 Buliy Y., Shiyanyan P., Kuts A., Dmitruk A. Improving the operating characteristics of distillation and rectification plants through the use of technology-driven rectification

241 Mykhonik L., Gryshchenko A. Using rice flour in the production technology of gluten-free bread

УДК 681.513.1

## **TENSOR ANALYSIS WITHIN THE AUTOMATED SYSTEM OF MILK PASTEURIZATION CONTROL**

**V. Sidletskiy, I. Elperin**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Automated control system  
Tensor  
Tensor analysis  
Tensor model  
Tensor basis change  
Tensor operations*

---

**Article history:**

Received 15.01.2017  
Received in revised form  
02.02.2017  
Accepted 24.02.2017

---

**Corresponding author:**

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

---

**ABSTRACT**

The article describes the formulation of the problem of using tensor analysis to model the processes used in automated enterprise management system in case of dairy processing enterprises. The example of using process parameters and indicators of technological space as the components of multidimensional space of production processes and the example of the need to transform the resulting tensor depending on the moving conditions of the process are presented. The relevance of changing the basis and uniting the tensors is shown in this paper as well as tensor operations when modeling the automation systems processes.

## **ТЕНЗОРНИЙ АНАЛІЗ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА**

**В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін**

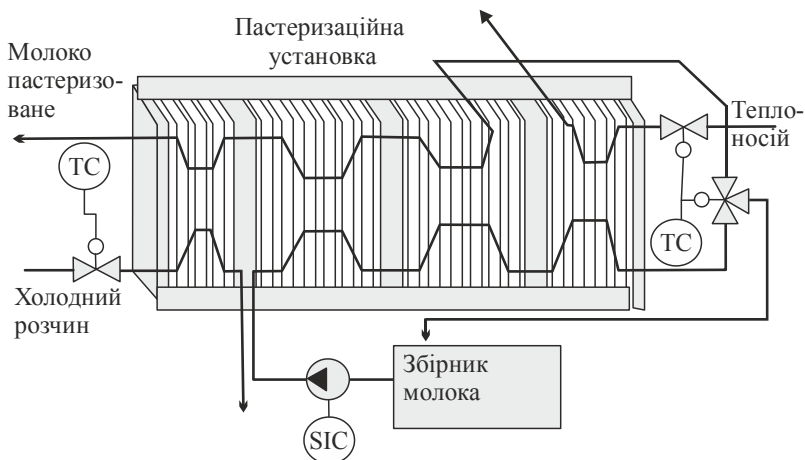
*Національний університет харчових технологій*

*У статті описано постановку задачі використання тензорного аналізу для моделювання процесів, що використовуються в автоматизованій системі управління підприємством, на прикладі ділянки молокопереробного підприємства. Наведено приклад використання технологічних параметрів і показників роботи технологічної ділянки як компонентів багатомірного простору процесів виробництва, а також приклад необхідності перетворення отриманого тензора з урахуванням умов ведення технологічного процесу. Доведено необхідність зміни базису та необхідність об'єднання тензорів, а також проведення операцій над ними при моделюванні процесів для системи автоматизації.*

**Ключові слова:** *автоматизована система управління, тензор, тензорний аналіз, тензорна модель, зміна базису тензора, операції з тензором.*

**Постановка проблеми.** В системах керування процесами молокопереробної промисловості використовуються як системи зі зворотним зв'язком,

так і без нього. Керування без зворотного зв'язку дає змогу оцінити управляючі діяння. Для побудови моделей процесів у молокопереробній промисловості використовувались методи побудови диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що довели свою ефективність для вирішення компактної множини задач. Якщо розглядати реальні процеси, то використання класичних методів побудови моделей для системи автоматизації має певні обмеження. Наприклад, у системах автоматизації процесу пастеризації (рис. 1) потрібно підтримувати тільки два важливі параметри: температуру і час пастеризації.



**Рис. 1.** Спрощена схема пастеризації молока

Для цього процесу, з одного боку, цілком достатньо використання контурів із зворотним зв'язком (рис. 1), але, з іншого боку, при визначенні значення температури й часу пастеризації потрібно врахувати значно більшу кількість параметрів. У табл. 1 наведено перелік параметрів та їх числові значення для сирого молока та після термічної обробки.

*Таблиця 1. Показники молока*

Параметр	Сире молоко	Теплова обробка	
		Режим 1	Режим 2
Масова частка казеїну в молоці, %	2,65	2,61	2,55
Масова частка глобуліну в молоці, %	0,2	0,2	0,1
Масова частка альбуміну в молоці, %	0,35	0,33	0,31
Масова частка білка в молоці, %	3,20	3,14	2,96
Активна кислотність молока, рН	6,70	6,65	6,59
Титрована кислотність молока, °Т	17,0	17,0	17,0
Густина молока, кг/м <sup>3</sup>	1027,5	1027,3	1027,1
Масова частка сухих речовин, %	12,30	12,15	11,69
Вміст кальцію Ca <sup>2+</sup> , мг/100см <sup>3</sup>	12,83±0,08	11,12±0,09	10,83±0,11
Вміст розчинних білкових сполук, мкг/см <sup>3</sup>	361,3±10,2	334,6±11,6	321,2±9,3

Тобто досягнення високої якості технологічного процесу залежатиме не від досягнення заданих значень температури та часу пастеризації, а від



заданих значень якісних показників молока після процесу пастеризації згідно з показниками на початку процесу пастеризації. Саме тому необхідно будувати модель процесу, за допомогою якої можна аналізувати, як вплине вибране управляюче діяння температурою та часом пастеризації на стан показників на виході даної технологічної ділянки. Для нашого випадку цих показників 10 (табл. 1), тому при розрахунку диференційних або регресійних рівнянь для такої кількості показників необхідно приймати деякі припущення, наближення та не враховувати менш важливі показники. При чому зміна показників також буде залежати і від процесів та операцій, які проходять перед пастеризацією. Наприклад, процеси пастеризації будуть різними при одних і тих же значеннях параметрів у випадках, якщо виконується первинна чи повторна теплова обробка молока. Більш того, сам процес пастеризації не є чітко визначеним, тобто значення температури та часу змінюються в діапазоні значень, до того ж змінюються і діапазони значень (табл. 2).

*Таблиця 2. Режими пастеризації*

Режими пастеризації	Температура	Витримка
Тривалий режим	64—72 °C	30 хв
Короткочасний режим	72—75 °C	15—20 с
Миттєвий режим	85—90 °C	1—5 с

Для процесу пастеризації характерною особливістю є можливість зміни режиму пастеризації. В першому випадку це температура 60—75 °C і витримка близько 30 хв, в другому — температура 80—90 °C і час витримки 2—30 с, тобто виникає необхідність зміни базису. Таким чином, для системи автоматизації потрібна модель, яка буде враховувати: всі вхідні та вихідні параметри технологічного процесу; мати можливість реагувати на необхідність зміни діапазону управляючих діянь; враховувати попередні технологічні процеси та мати здатність інтегруватись у наступні моделі або розрахунки управляючих дій. Саме тому пропонується використати методи тензорного аналізу для розробки моделей і виконання розрахунків у системі керування процесом пастеризації.

Тензорний аналіз дає змогу спростити процес моделювання практично для будь-якої області за рахунок введення категорії багатовимірного простору. За допомогою розробленої тензорної моделі можна описувати всі поверхні незалежно від їх складності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тензорний аналіз і тензорне розкладання застосовуються у багатьох галузях, наприклад, для розробки нейронних мереж [1], проектування систем штучного зору [1; 2], обробки сигналів [3], обробки та аналізу даних [1; 4].

Тензорний аналіз являє собою узагальнення понять з векторного аналізу та дає змогу об'єднати масиви даних і фізичні величин складної природи, які не можуть бути описані або представлені у вигляді скалярів або векторів. Використання тензорного методу для побудови моделі виробничого процесу є найбільш виправданим.

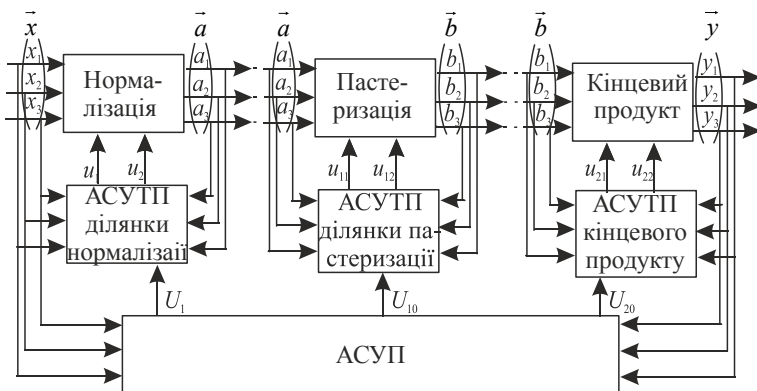
Насамперед тензор — це математичний об'єкт, який не залежить від зміни системи координат, але його компоненти при зміні системи координат пере-

творюються за певними математичними законами. Із тензором тісно пов'язаний його ранг, тому тензор може бути нульового, першого, другого тощо рангу. Тензор нульового рангу — це скаляр, що наслідком прямого вимірювання параметра, наприклад: температури, густини, витрати, тиску тощо. Більш складніші вимірювання, наприклад, спектроскопія, дають змогу отримати комплекс параметрів, який можна задати у вигляді вектора — це тензор першого рангу. У двовимірному просторі тензор другого рангу найпростіше уявити як матрицю, яка описує неоднорідність заданого простору та діє на вхідний вектор, змінюючи його напрям і масштаб. Як правило, для аналізу комплексних даних  $n$ -го порядку формується тензор  $n$ -го рангу, який використовується для моделювання функцій великого числа змінних.

Для роботи з тензорами широко використовуються програмні пакети для ЕОМ. Так, для MATLAB розроблені спеціалізовані програми, наприклад, Tensor Toolbox, TDALAB Laboratory [5; 6], що дають змогу вирішувати завдання представлення й обробки даних у вигляді тензорів. Дані програмні пакети застосовуються для обробки сигналів, систем контролю, нейронних мереж, нечіткої логіки, статистичної обробки та моделювання.

**Мета дослідження:** розробка тензорної моделі для системи управління процесом пастеризації молока на прикладі ділянки молокопереробного підприємства.

**Викладення основних результатів дослідження.** Для підвищення ефективності роботи молокопереробного підприємства необхідно інтегрувати автоматизовану систему управління процесу пастеризації молока та інших технологічних ділянок в автоматизовану систему управління підприємством. Така система управління включатиме в себе традиційні локальні контури управління параметрами та додаткові модулі, в яких будуть формуватись управляючі дії, що слугуватимуть завданням для ведення технологічного режиму, тобто завданням для локальних контурів управління. Для формування управляючих дій на верхніх рівнях потрібно, по-перше, зібрати інформацію, і, по друге, її обробити (проаналізувати), тобто потрібно об'єднати всі рівні керування підприємством (рис. 2).



**Рис. 2.** Багаторівнева система автоматизації процесу пастеризації

Тобто система представлятиме собою ієрархічну та модульну структуру (рис. 2), де на нижньому рівні формуються управляючі дії, які направлені на

підтримання технологічного режиму. На цей рівень надходять дані про наявні вхідні та необхідні вихідні показники молока після пастеризації. Відповідно до концепції інтегрованих систем, для кожної технологічної ділянки системи управління є аналогічними. Ці системи об'єднуються системою автоматизованого управління підприємством в цілому, на рівні якої формуються управляючі дії, що будуть слугувати завданням для нижніх рівнів.

Саме тому для систем керування процесом пастеризації потрібно не просто задати предметну область у вигляді моделі для прогнозування наслідків при нанесенні управляючих дій, а використати її для побудови причинно-наслідкового зв'язку між вхідними та вихідними параметрами наскрізно через усю багаторівневу систему з урахуванням роботи всіх суміжних підсистем. Саме тому завданням даного дослідження є розробка моделі процесу пастеризації з використанням методики тензорного аналізу. Тензорна модель дасть змогу об'єднати всі параметри та показники процесу у вигляді багатомірного простору, а методи тензорного аналізу мають потужний математичний апарат для її обробки.

Якість проходження кожного технологічного процесу характеризується наборами значень вхідних і вихідних параметрів, тому якщо прийняти, що  $\vec{a}$  і  $\vec{b}$ , відповідно, вхідні та вихідні вектори простору технологічного процесу пастеризації, то, як і всі моделі, тензорна модель  $A$  буде виконувати перетворення вектора вхідних параметрів  $\vec{a}$  у вектор вихідних параметрів  $\vec{b}$ , тобто тензор  $A$  відображає  $\vec{a}$  в  $\vec{b}$ :

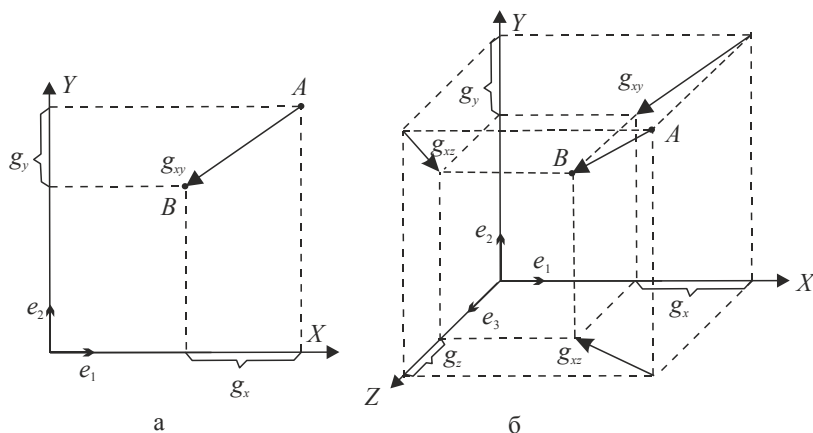
$$\vec{b} = A\vec{a}. \quad (1)$$

Вектор вхідних параметрів — це числові значення вхідних змінних, тобто це координати вектора, наприклад, для молока — це значення масових часток казеїну, глобуліну, альбуміну, білка; сюди також необхідно віднести значення кислотності, вміст кальцію. Але ці координати (тобто числа) самі по собі не мають ніякого сенсу і їх потрібно використовувати тільки з відповідними базовими векторами, що будуть утворювати систему координат простору технологічного процесу пастеризації. При цьому розмірність технологічного простору буде залежати від кількості змінних на вході і виході. Координатні осі вибираються як абсолютна система координат, що відповідатиме розмірності простору процесу пастеризації, тобто кількість осей буде відповідатиме кількості параметрів. При цьому всі базисні осі повинні бути взаємно перпендикулярні (ортогональні) та мати однакові розмірності і рівні одиничні міри (ортонормовані). Тобто система координат процесу пастеризації прийнята ортогональною і ортонормованою, або декартовою. Вектори базису вибрані одиничними та ортогональними  $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_{10}\}$ , де  $\vec{e}_1$  — одиничний вектор вмісту казеїну в молоці ( $\vec{e}_1 = 0,01\%$  масової частки казеїну в молоці);  $\vec{e}_2$  — одиничний вектор вмісту глобуліну в молоці ( $\vec{e}_2 = 0,1\%$  масової частки глобуліну в молоці);  $\vec{e}_3$  — одиничний вектор вмісту альбуміну в молоці ( $\vec{e}_3 = 0,01\%$  масової частки альбуміну в молоці);  $\vec{e}_4$  —

одичний вектор вмісту білка в молоці ( $\bar{e}_4 = 0,01\%$  масової частки білка в молоці);  $\bar{e}_5$  — одичний вектор активної кислотності молока ( $\bar{e}_5 = 0,01\text{pH}$  значення активної кислотності молока);  $\bar{e}_6$  — одичний вектор титрованої кислотності молока ( $\bar{e}_6 = 0,1^\circ\text{T}$  значення титрованої кислотності молока);  $\bar{e}_7$  — одичний вектор густини молока ( $\bar{e}_7 = 0,1\text{кг/м}^3$  значення густини молока);  $\bar{e}_8$  — одичний вектор вмісту сухих речовин молока ( $\bar{e}_8 = 0,01\%$  значення масової частки вмісту сухих речовин молока);  $\bar{e}_9$  — одичний вектор вмісту кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  в молоці ( $\bar{e}_9 = 0,01$  мг/100см<sup>3</sup> значення вмісту кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  в молоці)  $\bar{e}_{10}$  — одичний вектор вмісту розчинних білкових сполук у молоці ( $\bar{e}_{10} = 0,1$  мкг/см<sup>3</sup> значення вмісту розчинних білкових сполук у молоці).

Представити 10-вимірний простір для нашого технологічного процесу досить важко, тому на рис. 3а показане графічне представлення для двовимірного простору, де процес представлений вектором зміни масових часток казеїну та глобуліну в молоці під час пастеризації. На рис. 3б доповнений простір альбуміну, тобто завдяки використанню кожного показника як координатної вісі формується весь 10-вимірний простір.

Звичайно, реальні процеси не завжди матимуть вигляд лінійних залежностей, тому в таких випадках для тензорів можна використовувати криволінійні координатні осі, але в даній статті вони розглядатись не будуть.



**Рис. 3. Приклад представлення параметрів процесу пастеризації в двовимірному (а) і тривимірному (б) просторі**

У векторному просторі технологічного процесу виділено базис  $\{\bar{e}_i\}$ , відповідно до цього базису вектором вхідних параметрів буде набір чисел (компонент):  $\bar{a} = a_1\bar{e}_1, a_2\bar{e}_2, \dots, a_{10}\bar{e}_{10}$ , а для вихідних  $\bar{b} = b_1\bar{e}_1, b_2\bar{e}_2, \dots, b_{10}\bar{e}_{10}$ , тому вираз (1) набуде такого вигляду:

$$\vec{b}_j e_j = A_{ji} a_i \vec{e}_i, \quad (2)$$

або

$$b_j = A_{ji} a_i. \quad (3)$$

Компоненти  $a_i$  і  $b_j$  визначають вектори вхідних і вихідних параметрів  $\vec{a}$  і  $\vec{b}$  щодо базису однозначно, а числа  $A_{ji}$  так само однозначно задають перетворення (1), тобто тензор  $A$ . Ці числа називаються компонентами тензора  $A$  щодо базису  $\{\vec{e}_i\}$ . Кількість їх дорівнює квадрату розмірності простору, тому тензор зручно записувати у вигляді квадратної матриці. Досить зручно записати вектори  $\vec{a}$  і  $\vec{b}$  у вигляді стовпців, тому вираз (3) набуде такого вигляду:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1j} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{j1} & A_{j2} & \dots & A_{jj} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_i \end{pmatrix}.$$

Але цей тензор описує тільки технологічний процес. У нашому випадку потрібно також задати управляючі діяння для цього процесу, тому до виразу (3) потрібно додати ще вектор управління  $\vec{u}$  і, відповідно, вектори базису  $\vec{e}_{11}$  — час пастеризації (с),  $\vec{e}_{12}$  — температура пастеризації (°C). Відповідно, вираз (3) набуде такого вигляду:

$$b_j = A_{ji}^k a_i u_k. \quad (4)$$

Як зазначалось вище, для процесу пастеризації значення температури та часу можуть вибиратись у діапазоні значень, причому діапазони цих значень також змінюються, тому зміна режиму буде означати зміну базису з  $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_{10}, \vec{e}_{11}, \vec{e}_{12}\}$ , де  $\vec{e}_{11}$  і  $\vec{e}_{12}$  вектори базису управління, на базис  $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_{10}, \vec{e}'_{11}, \vec{e}'_{12}\}$ , де  $\vec{e}'_{11}$  і  $\vec{e}'_{12}$  нові вектори базису управління, які

визначаються так: якщо  $\vec{e}_{11}$  — одиничний вектор у секундах, а  $\vec{e}'_{11}$  — одиничний вектор у хвилинах, то  $\vec{e}'_{11} = 60 \cdot \vec{e}_{11}$ . Оскільки час і температура пастеризації пов'язані між собою залежністю  $t = (36,84 - \ln z) / 0,48$ , де  $t$  — температура пастеризації,  $z$  — тривалість теплової обробки, то  $\vec{e}'_{12} = (36,84 - \ln e_{11}) / 0,48$ .

Графічне представлення зміни базису для системи з трьох координат можна показати переміщенням по логарифмічній функції з поворотом системи (рис. 4).

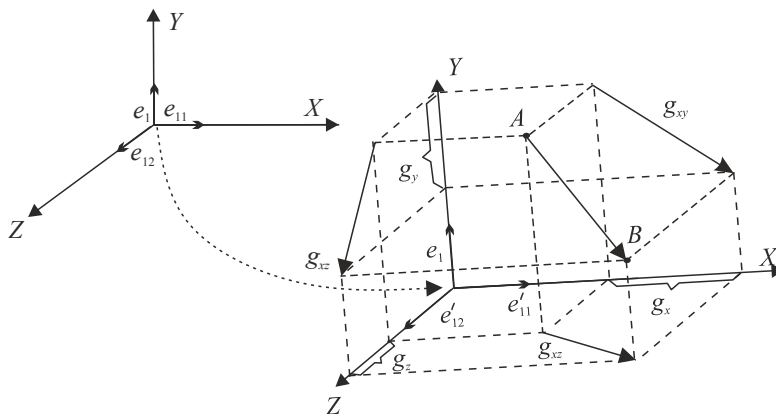


Рис. 4. Графічне представлення зміни базису

Як показано на рис. 4, при зміні базису змінюються і компоненти тензора, тому компоненти тензора потрібно перерахувати за новим базисом і, як наслідок, проводиться перевірка отриманих результатів, а саме: чи утворює новий набір чисел тензор.

При моделюванні промислових об'єктів тензори дають змогу не тільки побудувати модель багатомірного об'єкта, а й проводити над нею алгебраїчні операції: об'єднання тензорів, їх додавання та множення. Наприклад, для двох тензорів  $\underline{A} = a_{ij}$  та  $\underline{B} = b_{ij}$  їх сума визначаються за формулою (5), а добуток двох тензорів  $\underline{A} = a_{ij}$  та  $\underline{B} = b_{pqr}$  — за формулою (6):

$$a_{ij} + b_{ij} = c_{ij}; \quad (5)$$

$$a_{ij} b_{pqr} = c_{ijpqr}. \quad (6)$$

Тобто при виконанні алгебраїчних операцій над тензорами технологічних ділянок і рівнів управління формується тензорна модель для всього підприємства та, відповідно, до всіх ієрархій керування.

Для використання сформованого тензора як моделі технологічного процесу для автоматизованої системи керування, а саме: для розрахунку управляючого діяння чи знаходження прогнозованого значення, проводиться зменшення розмірності тензора до розмірності вхідної інформації. Для цього використовують математичний апарат зменшення розмірності тензора — тензорне розкладання. Найбільш вживаними є розкладання Таккера, сингулярне розкладання та скелетне розкладання [1—6].

### Висновки

Унікальна властивість тензорів полягає в тому, що вони можуть бути як скалярами, так і векторами, тому тензорний аналіз можна розглядати як розширення й узагальнення векторного аналізу від трьох до  $n$ -мірних просторів.

Якщо розроблені тензори для технологічного апарата або лінії, то залежно від необхідності розробки моделі ділянки виробництва або всього виробництва тензори можна додавати чи множити. При цьому будуть сформовані

нові тензори, тобто буде розроблена нова тензорна модель ділянки чи всього підприємства, яку можна використовувати для розрахунків у системі автоматизації всього підприємства.

### **Література**

1. Cichocki A., Zdunek R., Phan A.-H., Amari S. Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-way Data Analysis and Blind Source Separation. — Chichester : Wiley, 2009. — 500 p.
2. Cammoun L., Castano-Moraga C. A., Munoz-Moreno E., Sosa-Cabrera D., Acar B., Rodriguez-Florida M. A., Brun A., Knutsson H., Thiran J. P. A review of tensors and tensor signal processing. In S. Aja-Fernandez, R. de Luis Garcia, D. Tao, and X. Li, editors, Tensors in Image Processing and Computer Vision. — Springer, 2009. — P. 1—32. — ISBN 978-1-84882-298-6.
3. Nion D. and Sidiropoulos N.D. Tensor Algebra and Multi-dimensional Harmonic Retrieval in Signal Processing for MIMO Radar, IEEE Trans. on Signal Processing, — Vol. 58, # 11. — Nov. 2010. — P. 5693—5705.
4. Марченко О.О. Розробка семантико-синтаксичної моделі природної мови за допомогою методів невід'ємної тензорної і матричної факторизації / О.О. Марченко // Проблеми програмування. — 2014. — № 2—3. — С. 263—272 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Progr\\_2014\\_2-3\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Progr_2014_2-3_33).
5. Tensor Toolbox version 2.6 by Brett W. Bader, Tamara G. Kolda, Jimeng Sun, Evrim Acar, Daniel M. Dunlavy, Eric C. Chi, Jackson Mayo, et al. Copyright 2015, Sandia National Laboratories. Released February 6, 2015.
6. TDALAB Laboratory for Tensor Decomposition and Analysis by Guoxu Zhou, Andrzej Cichocki 2012 Cichocki Laboratory for Advanced Brain Signal Processing.

## **ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА**

**В.М. Сидлецкий, И.В. Эльперин**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье описана постановка задачи использования тензорного анализа для моделирования процессов, используемых в автоматизированной системе управления предприятием, на примере участка молокоперерабатывающего предприятия. Показан пример использования технологических параметров и показателей работы технологического участка как компонентов многомерного пространства процессов производства, а также пример необходимости преобразования полученного тензора в зависимости от условий ведения технологического процесса. Доказана необходимость изменения базиса и необходимость объединения тензоров, а также проведения операций над тензором при моделировании процессов для системы автоматизации.*

**Ключевые слова:** *автоматизированная система управления, тензор, тензорный анализ, тензорная модель, изменение базиса тензора, операции с тензором.*

## DECISION MAKING IN CORPORATE SYSTEMS

T. Horlova

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Enterprise systems  
Government  
Subsystem coordination*

**Article history:**

Received 18.01.2017  
Received in revised form  
29.01.2017  
Accepted 20.02.2017

---

**Corresponding author:**

T. Horlova  
**E-mail:**  
Gorlova.tetiana@gmail.com

**ABSTRACT**

This paper considers the mechanisms allowing to build flexible distributed human-machine procedures of decision support. Emphasis is on making the process of forming solutions for informal models of factors that are not formally considered. The characteristic feature of the enterprise systems is the presence of priority in deciding between different subsystems that are the part of corporate system in accordance with their responsibilities range. Solving the problems of self-governance in each of the subsystems generates the parameters of coordination tasks. Each subsystem is affected by local external and internal disturbances that are associated with the change of the generalized information from lower levels. To get the sought linking mechanisms, the  $F(A, x)$  functional of the system and the number of auxiliary functional  $g_i = 1, \dots, I, g$  satisfying the properties of operation of corporate systems were formed.

---

## ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У КОРПОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ

Т.М. Горлова

Національний університет харчових технологій

У статті розглядаються механізми, що дають змогу будувати гнучкі людино-машинні процедури підтримки прийняття рішень, застосувати в процесі формування рішень неформалізовані моделі факторів. Характерними особливостями корпоративних систем є наявність пріоритету при прийнятті рішень між окремими підсистемами, що входять до складу корпоративної системи згідно з їхнім діапазоном відповідальності. Розв'язок задач самоуправління в кожній із підсистем формує параметри задач координації. Враховуються як локальні зовнішні збурення, так і внутрішні, що діють на систему і залежать від узагальненої інформації від підсистем нижчих рівнів. Введення цих обмежень переводить задачу пошуку допустимих рішень корпоративної системи до класу задач системної оптимізації і дає змогу враховувати обмеження різного виду. Для побудови механізмів управління формується функціонал  $F(A, x)$  і декілька допоміжних



функціоналів  $g_i$ ,  $i = 1, \dots, I$ , що задовольняють властивості функціонування системи.

**Ключові слова:** корпоративні системи, підсистема, самоуправління, координація.

**Introduction.** The current status of complex organizational structures management, which includes enterprise systems, requires new methodological and planning technologies and management.

There are various means of distributing the corporate system into components, leading to different types of organizational structures that are allocated to the functional, regional, production and other characteristics [1; 2].

The term “corporate system” refers to any organization of production or administrative direction. It consists of a set of interacting components; each of them in turn can have a personal part, and function as a single entity [2; 3]. This definition of the corporate system is formed due to the need to decentralize the decision-making processes of all complex problems which are solved by organization to meet the terms of their physical implementation based on the minimization of information processed. In other words, each individual component of the corporate system takes the decisions of individual tasks within the solution of common problems for the corporate system as a whole. In addition, the elements of the corporate system are related and interact with other corporate systems that are external to it as informative and functional.

**Purpose of the Article.** This paper considers the mechanisms allowing to build flexible distributed human-machine procedures of decision support. Emphasis is on making the process of forming solutions for the informal models of factors that are not formally considered. The mechanisms inherent in the possibility of adapting the model of the corporate system are considered.

**Materials and Methods.** Characteristic features of the enterprise systems involve the priority in deciding between different subsystems that are the part of corporate system in accordance with their responsibilities range [4; 5]. Also the subsystems of one level share the same priorities in choosing solutions in relation to each other and each subsystem; all subsystems except the first level solve two problems: self-performance through their functional activity and task coordination of subordinated subsystems of lower level with its local optimality criteria.

Connection of subsystems of lower level to higher level subsystems and their interrelation shall be effected by the generalized information about the status of these subsystems, and connection of subsystems of upper level with the subsystems of lower level subordinated to the higher level ones by means of administrative actions, which come from the top-level subsystems. Connection between the subsystems of one level is done directly by output variables that affect their functioning.

Models of coordination problems in each of the subsystems, except for of subsystems of the first level, are constructed according to the summary information about the behavior of the entire set of subordinated to them subsystems at lower levels.

Solving problems of self-governance in each of the subsystems generates the parameters of coordination tasks. Also the subsystems of lower levels between the

two neighboring phases of coordination problem solving in subsystem of upper level that controls these subsystems have the right to take independent decisions based on management actions derived from the top level.

Each subsystem is affected by local external and internal disturbances that are associated with the change of the generalized information from lower levels.

When describing the corporate system, the following is taken into account [3—5]:

- Restrictions that describe “external structure” of the corporate system (products which are manufactured; resources which are consumed, expected profit).

They are needed in order not to overstate the limits of resources (e.g., money, currency) to produce the required quantities without overstocking and deficit and have the form

$$B_i \leq \sum_{j=1}^J a_{i,j} x_j \leq D_i, \quad (1)$$

where  $i, i = 1, \dots, I$ , — limitation indexes (1);

- Restrictions that describe the “internal structure” of the corporate system (the relationship of the price of labor, energy, materials and resources)

$$\gamma_r \leq (\alpha_r, A(x - y^{(r)})) / (\beta_r, A(x - y^{(r)})) \leq \overline{\gamma_r}, \quad (2)$$

where  $r = 1, \dots, R$  — index of type limit (2);

- Restrictions which are imposed on the specific characteristics of the corporate system

$$A_j \in Q_j, \quad (3)$$

where  $j = 1, \dots, J$  — index of components of the vector of variables  $x$ ,  $A_r, j = 1, \dots, J$ , column vector of transmissivity matrix  $A$ ,

$$A = (a^{i,j})_{i,j=1}^{I,J};$$

- Constraints that describe the technological limitations on the range of the variables of the system:

$$x \in Q. \quad (4)$$

Introduction of these restrictions converts problem of finding feasible solutions of the corporate system to the class system optimization problems and takes into account environmental constraints and the selection of promising technologies. The system (1)—(4) cannot be solved fully by automated methods. The process of permissible decisions making affects people, professionals, decision makers (DM).

They are in the process of using formalized understanding of the task and the subject area, heuristic techniques and methods. This could result in the solutions acceptable under constraints but meaningless from a content point of view. In addition, different groups of equations (1)—(2) can be operated by a variety of professionals who do not have other limitations of (1)—(2).

Thus, we have a set of local operators  $D, s = 1, \dots, S$ ,  $s$  forming the groups of equations (1) and (2) heuristic means and methods. This leads to the necessity of developing the procedures of distributed decision support system (1)—(4) by a

series-parallel formation of s-s local tasks that meet the requirements which are demanded in practical procedures for decision support.

The main tasks include the iteration procedure with the possibility of gradual correction of input data and solutions. That causes a problem of the construction of mechanisms linking decisions s-s local problems in the serial-parallel formation of acceptable solutions of (1)—(4).

We consider the problem of building such relationships, which allow the restructuring of the corporate system (1)—(4), changes in system settings ( $B_i, a_{ij}, D_i, Q_j, Q$ ) in shaping acceptable solution. Changes in the structure decomposition of the corporate system in the formation of acceptable solutions caused by the necessity of discharge the most important and critical at the current time of formation of acceptable solutions group constraints (1) and (2).

To construct the sought binding mechanisms, we introduce the functionality  $F(A, x)$  disagreement system (1)—(4) and a number of support functionalities  $F, g_{b,i}, i = 1, \dots, I, g_{\gamma,r}$ , satisfy the following attributes [2]:

*Attribute 1.*

$$F(Ax) \min \{ \tilde{F}(Ax - \tilde{b}, \gamma(x) - \tilde{\gamma}) \mid \tilde{b} \in B, \tilde{\gamma} \in \Gamma \}, \text{ where } \Gamma = \{ \gamma \mid \underline{\gamma} \leq \gamma \leq \bar{\gamma} \}.$$

*Attribute 2.*

$$g(\tilde{F}(b, \gamma)) \leq \tilde{F}_b(b) + \tilde{F}_\gamma(\gamma).$$

*Attribute 3.*

$$\tilde{g}_b(\tilde{F}_b(\sum_{l=1}^L \xi_l b^{(l)})) \leq \sum_{l=1}^L \xi_l g_{b,l}(b^{(l)}).$$

*Attribute 4.*

$$\tilde{g}_\gamma(\tilde{F}_\gamma(\gamma)) \leq \sum_{\rho=1}^P b_{\gamma,\rho}(\gamma_\rho).$$

*Attribute 5.*

a)  $g_{b,l}(0) = 0, g_{b,l}(tb^{(l)})$  — strictly monotonically increasing on  $t, t \in R_+$ , smooth function for all nonzero vectors  $b^{(l)}$  (from the first class).

б)  $g_{\gamma,\rho}(0) = 0, g_{\gamma,\rho}(t\gamma_\rho)$  — strictly monotonically increasing on  $t, t \in R_+$ , equal function (by  $\gamma_\rho \neq 0$ ).

Let us consider the mechanisms allowing to build flexible distributed human-machine procedures of decision support. Emphasis is on conducting the process of forming solutions informal models of factors that are not formally considered.

Mechanisms are inherent in the possibility of adapting the model of the corporate system.

*General view of the procedure. General k-th step.*

System (1)—(4) S is divided into subsystems consisting of  $i$ 's, groups of equations  $i \in I_{s,k}$  (1),  $r$ 's groups of equations  $r \in R_{s,k}$ , (2) and restrictions (3)—(4).

Simultaneously, the matrix  $A$  is broken into  $\tilde{S} - i, \tilde{s} = 1, \dots, \tilde{S}_k$  — and, groups of

columns  $\tilde{J}_{\tilde{s},k}$ . With every  $s$ -th local subsystem consisting of  $P$ s  $i \in I_{s,k}$  equations (1)  $r$ 's,  $r \in R_{s,k}$  equations (2) operates a DMP specialist. With every —  $\tilde{S}$ -group of  $j$ 's,  $j \in \tilde{J}_{\tilde{s},k}$  columns also runs a DMP specialist.

1. DMP specialists working with  $c$   $s$ -local subtasks as tips available options, satisfying (3)—(4) automatically generated  $x^{(s, hint, k)}$   $s$ -making tasks.

2. DMP specialists working with  $\tilde{S}$  groups of the columns of  $A$  matrix, as a hint offered options  $A_j^{(\tilde{s}, hint, k)}$ ,  $j \in J_{\tilde{s},k}$ , (3).

3. As an automatically generated hint  $A^{(hint, k)}$ ,  $x^{(hint, k)}$  — a new version of approximate solution of (1)—(4), for which the functional  $F$  disagreement better than  $A$  — the matrix  $A^{(k)}$ ,  $x^{(k)}$  and vector  $x$  variables after  $k$ -th step.

4. DMP-specialists working with  $s$  local tasks or provide hint unchanged or autonomously form their variants  $x^{(s, evrist, k)}$  that satisfy (3)—(4)  $s$  solution of local problems.

5. DMP-specialists working with  $s$  columns groups of Matrix  $A$  accept the hints unchanged or generate their own options which satisfy (3)  $J$ ,  $J \in J_{\tilde{s},k}$ , of columns  $A_j^{(\tilde{s}, evrist, k)}$ ,  $j \in J_{\tilde{s},k}$ .

6. Automatically formed by specialists “a weighted average” of local problems heuristic solutions  $A^{(k, avg)}$ ,  $x^{(k, avg)}$  that satisfy (3)—(4).

7. If  $A^{(k, avg)}$ ,  $x^{(k, avg)}$  in the terms of the convergence better than  $A^{(k)}$ ,  $x^{(k)}$  then  $A^{(k, avg)}$ ,  $x^{(k, avg)}$  should be taken over. Go to  $(k + 1)$  — the first step.

8. If  $A^{(k, avg)}$ ,  $x^{(k, avg)}$  in the terms of the convergence worse than  $A^{(k)}$ ,  $x^{(k)}$  then following formulas should be used:

$$\begin{aligned} x^{(k+1)} &= x^{(k, hint)} (1-t^*) + x^{(k, hint)} t^*, \\ A_j^{(k+1)} &= (A_j^{(k, hint)} x_j^{(k, hint)} (1-t^*) + A_j^{(k, avg)} x_j^{(k, avg)} t^*) / \\ &\quad / (x_j^{(k, hint)} (1-t^*) + x_j^{(k, hint)} t^*); \\ x^{(k, corr, s)} &= x^{(k, hint, s)} (1-t^*) + x^{(k, evrist, s)} t^*; \\ A_j^{(k, corr, \tilde{s})} &= A_j^{(k, hint, \tilde{s})} (1-t^*) + A_j^{(k, evrist, \tilde{s})} t^*; \end{aligned}$$

where  $t^*$  — is a task solution (5)—(7):

$$t \rightarrow \max, \tag{5}$$

$$0 \leq t \leq 1, \tag{6}$$

$$F(A(t), x(t)) \leq F(A^{(k)}, x^{(k)}) - \delta^{(k)}, \tag{7}$$

Subject to:

$$\delta^{(k)} \leq F(A^{(k)}, x^{(k)}) - F(A^{(k, hint)}, x^{(k, hint)}),$$

and definitions

$$x(t) = x^{(k, \text{hint})} (1-t) + x^{(k, \text{avrg})} t,$$

$$A_j(t) = (A_j^{(k, \text{hint})} x_j^{(k, \text{hint})} (1-t) + A_j^{(k, \text{avrg})} x_j^{(k, \text{avrg})} t) / x_j(t)$$

Correction should be performed  $A^{(k, \text{avrg})}$ ,  $x^{(k, \text{avrg})}$ .

Correction result  $A^{(k, \text{avrg})}$ ,  $x^{(k, \text{avrg})}$  is taken as  $A^{(k+1)}$ ,  $x^{(k+1)}$  and then goes to step  $(k+1)$ .

### **Conclusions**

We consider mechanisms that allow to build flexible distributed man-machine procedures for the support of decision making. The emphasis is made on entering into the process of making informal models of factors that formally are not counted. The opportunities to adapt the model of the corporate system are laid down in the mechanisms.

### **Reference**

1. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Д. Мако, И. Такахара — Москва, 1973. — 387 с.

2. Михалевиц В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В.Л. Волкович. — Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. — 348 с.

3. Горлова Т.М. Об одном подходе к проблеме координации в корпоративных системах. Комп'ютерні засоби, мережі та системи: Зб. наукових праць / НАН України. Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова. — Київ, 2002. — С. 126.

4. Горлова Т.М. Алгоритм побудови розподілених людино-машинних систем підтримки прийняття рішень в корпоративних системах. Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи: Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 27—28 вересня 2010 року. — Частина 2. — Київ : НУХТ, 2010. — С. 2.

5. Горлова Т.М. Розробка людино-машинної процедури підтримки прийняття рішень в корпоративних системах Тези доповідей LXVII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структур Університету. — Київ : НТУ, 2011. — С. 123.

## **ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

**Т.М. Горлова**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассматриваются механизмы, позволяющие строить гибкие распределенные человеко-машинные процедуры поддержки принятия решений, применять в процессе формирования решений неформализованные модели факторов. Характерными особенностями корпоративных систем является наличие приоритета при принятии решений между отдельными подсистемами, которые входят в состав корпоративной системы в соответствии с их диапазоном ответственности. Решение задач самоуправления в каждой из подсистем формирует параметры задач коорди-*

нации. Учитываются как локальные внешние возмущения, так и внутренние, действующие на подсистемы и связанные с изменением обобщенной информации от подсистем низших уровней. Введение этих ограничений переводит задачу поиска допустимых решений корпоративной системы в класс задач системной оптимизации и позволяет учитывать ограничения разного вида. Для построения механизмов управления формируется функционал  $F(A, x)$  и ряд вспомогательных функционалов  $g_i, i=1, \dots, I$ , удовлетворяющих свойствам функционирования системы.

**Ключевые слова:** корпоративные системы, подсистема, самоуправление, координация.

## INFLUENCE OF SURFACTANTS SYNTHESIZED UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS OF *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405 ON *ESCHERICHIA COLI* IEM-1 BIOFILM DESTRUCTION

T. Pirog, L. Nikitiuk, K. Kondrashevskaya, I. Kluchka

National University of Food Technologies

<p><b>Key words:</b>  <i>Nocardia vaccinii</i> IMV B-7405          Surfactants          Biofilm destruction          Cultivation conditions</p> <hr/> <p><b>Article history:</b>          Received 05.01.2017          Received in revised form 20.01.2017          Accepted 22.02.2017</p> <hr/> <p><b>Corresponding author:</b>          T. Pirog          E-mail:          npnuht@ukr.net</p>	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>The role in the destruction of <i>Escherichia coli</i> IEM-1 biofilm of surfactants synthesized under <i>Nocardia vaccinii</i> IMV B-7405 cultivation during 5 and 7 days in a medium with different content of calcium cations (activator NADP<sup>+</sup>-dependent glutamate dehydrogenase — key enzyme biosynthesis of surface-active aminolipids) was studied in the article. It was established that independently of CaCl<sub>2</sub> content in medium (0.1 or 0.4 g/L) and cultivation duration of IMV B-7405 strain synthesized surfactants at low concentrations (8.75—17.5 mg/ml) destroyed the biofilm of <i>E. coli</i> IEM-1 on polystyrene by 60—87%. The effective concentration of <i>N. vaccinii</i> IMV B-7405 surfactant, providing a high degree of <i>E. coli</i> IEM-1 biofilm destruction, is several times lower than that for the world's known microbial surfactants.</p>
--	---

## ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО АКТИВНИХ РЕЧОВИН, СИНТЕЗОВАНИХ У РІЗНИХ УМОВАХ КУЛЬТИВУВАННЯ *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405, НА ДЕКТРУКЦІЮ БІОПЛІВКИ *ESCHERICHIA COLI* ІЕМ-1

Т.П. Пирог, Л.В. Никитюк, К.Р. Кондрашевська, І.В. Ключка

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено роль у руйнуванні біоплівки *Escherichia coli* ІЕМ-1 поверхнево-активних речовин (ПАР), синтезованих *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, упродовж 5 і 7 діб на середовищі з різним вмістом катіонів кальцію (активатор НАДФ<sup>+</sup>-залежної глутаматдегідрогенази — ключового ферменту біосинтезу поверхнево-активних аміноліпідів). Встановлено, що незалежно від вмісту CaCl<sub>2</sub> у середовищі (0,1 або 0,4 г/л) і тривалості культивування штаму ІМВ В-7405 синтезовані ПАР у низьких концентраціях (8,75—17,5 мкг/мл) руйнували на 60—87% біоплівку *E. coli* ІЕМ-1 на полістиролі. Ефективні концентрації ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405, які забезпечували високий ступінь руйнування біоплівки *E. coli* ІЕМ-1, у кілька разів нижчі, ніж встановлені для відомих у світі мікробних ПАР.

**Ключові слова:** *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, поверхнево-активні речовини, деструкція біоплівки, умови культивування.

**Постановка проблеми.** Формування мікробних біоплівок на різних поверхнях є небезпечним явищем, оскільки мікроорганізми в складі біоплівок характеризуються підвищеною резистентністю до різних біоцидів [1—3].

Крім того, колонізація мікроорганізмами поверхонь спричиняє поширення інфекційних захворювань. Здатність бактерій формувати біоплівки розглядається як фактор їх патогенності. Встановлено, що багато хронічних інфекцій, виникнення яких пов'язане з використанням медичного імплантованого обладнання (лінзи, катетери, протези, штучні серцеві клапани), зумовлені здатністю бактерій утворювати біоплівки на поверхнях цих пристроїв. Серед усіх інфекційних уражень близько 65—80% спричиняються бактеріями, які формують біоплівки [3—5].

Крім проблем у медицині, здатність бактерій формувати біоплівки є серйозною проблемою для промисловості. Біоплівки спричиняють біокорозію трубопроводів, обростання різного технологічного устаткування, корпусів суден, нафтових платформ. У харчовій промисловості утворення біоплівок підвищує ризик зараження їжі патогенними мікроорганізмами і виникнення інфекцій у людей [1].

Сучасні технології руйнування мікробних біоплівок передбачають використання механічних, фізичних, хімічних і біологічних методів [4; 6; 7]. В останні роки перевага віддається біологічним методам завдяки високій ефективності, пролонгованій дії, безпечності для людини і навколишнього середовища. Разом з тим, виникнення у мікроорганізмів резистентності до антибіотиків та інших біоцидів, висока вартість багатьох методів запобігання утворенню та руйнуванню біоплівок стимулювала пошук нових речовин з відповідними властивостями.

З 90-х років ХХ ст. поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження активно досліджуються як альтернативні препарати для руйнування біоплівок на різних матеріалах [8; 9]. У [9] наведено дані щодо синергічної дії ПАР та антибіотиків у руйнуванні біоплівки *Escherichia coli* (одного з поширених патогенів, що спричиняють інфекції сечових шляхів і контамінацію катетерів). Автори досліджували вплив цефалоспоринової і цефазолінової з ліпопептидами *Bacillus licheniformis* V9T14 на руйнування біоплівки *E. coli* CFT073. Результати досліджень показали, що використання суміші ліпопептидів (5 мкг/мл) і цефазоліну (16 мкг/мл) супроводжувалось зниженням кількості клітин *Escherichia coli* CFT073 у біоплівці на чотири порядки за 24 год. Аналогічний ефект від дії одного антибіотика спостерігався за його концентрації 32 мкг/мл.

У попередніх дослідженнях [8; 10] нами було встановлено, що поверхнево-активні речовини, синтезовані *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, здатні знижувати адгезію деяких бактерій, дріжджів і мікроміцетів на абіотичних (пластик, скло, кахель, лінолеум) і біотичних (катетери, зубні протези) матеріалах.

**Мета статті:** дослідити роль поверхнево-активних речовин *N. vaccinii* ІМВ В-7405 у руйнуванні біоплівки.



**Матеріали і методи.** Об'єкт дослідження — штам *N. vaccinii* К-8, зареєстрований в Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного Національної академії наук України за номером ВМВ В-7405.

*N. vaccinii* ІМВ В-7405 вирощували в колбах на качалці (320 об./хв) при 30 °С упродовж 7 діб в рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л):  $\text{NaNO}_3$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{CaCl}_2$  — 0,1;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,1;  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,001, дріжджовий автолізат — 0,5% (об'ємна частка) (базове середовище). В одному з варіантів концентрацію хлориду кальцію у базовому середовищі культивування підвищували до 0,4 г/л. Як джерело вуглецю використовували очищений гліцерин у концентрації 2% (об'ємна частка).

Як посівний матеріал використовували культуру в експоненційній фазі, вирощену на середовищі наведеного складу з 0,5% субстрату. Інокулят, в якому чисельність бактерій становила  $10^4$ — $10^5$  кл/мл, вносили у кількості 10% від об'єму середовища. Культивування здійснювали у 750 мл колбах з 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 30 °С упродовж 5 і 7 діб.

У дослідженнях використовували поверхнево-активні речовини у вигляді супернатанту культуральної рідини і розчину ПАР, екстрагованих з супернатанту сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1) [10]. Концентрацію синтезованих ПАР визначали ваговим методом після екстракції з супернатанту сумішшю Фолча.

Як тест-культуру для утворення біоплівки використовували бактерії *Escherichia coli* ІЕМ-1 з колекції живих культур кафедри біотехнології та мікробіології Національного університету харчових технологій.

Дослідження впливу ПАР на руйнування біоплівки здійснювали за методикою, описаною в [11]. Для формування біоплівки у полістиролові мікропланшети вносили 180 мкл м'ясо-пептонного бульйону (МПБ) та 20 мкл суспензії одностодової тест-культури, інкубували впродовж 24 год при оптимальній для тест-культури температурі, після чого зливали культуральну рідину і вносили 180 мкл свіжого МПБ і 20 мкл суспензії тест-культури і ще інкубували впродовж наступних 24 год. В [11] встановлено, що такого вирощування упродовж 48 год достатньо для формування біоплівки у лунках мікропланшета. Через 48 год культуральну рідину зливали, а в лунки мікропланшета (з попередньо сформованою на них біоплівкою тест-культури) вносили по 200 мкл препаратів ПАР різної концентрації (8,75—1120 мкг/мл). У контрольні варіанти (лунки) замість препаратів ПАР вносили стерильну водопровідну воду (200 мкл). Через 24 год експозиції лунки тричі промивали 200 мкл дистильованої води і визначали кількість адгезованих клітин спектрофотометричним методом так само, як і в дослідженнях антиадгезивних властивостей [8; 11]. Ступінь руйнування біоплівки (%) визначали як різницю між адгезією клітин у необроблених і оброблених ПАР лунках полістиролового планшета.

Усі досліди проводили в трьох повторностях, кількість паралельних визначень в експериментах становила від 3 до 5. Статистичну обробку експериментальних даних проводили, як описано у [10]. Відмінності середніх показників вважали достовірними при рівні значущості  $p < 0,05$ .

**Результати і обговорення.** У попередніх дослідженнях [10; 12] було встановлено, що зміна умов культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 супроводжувалася зміною антимікробної й антиадгезивної активності синтезованих ПАР. Однією з причин різних біологічних властивостей цільового продукту може бути змінення вмісту в складі комплексу поверхнево-активних речовин аміноліпідів — найефективніших антимікробних агентів, ключовим ферментом біосинтезу яких у штаму ІМВ В-7405 є НАДФ<sup>+</sup>-залежна глутаматдегідрогеназа [12]. Оскільки одним з активаторів цього ферменту в *N. vaccinii* ІМВ В-7405 є катіони кальцію, то припустили, що підвищення вмісту Ca<sup>2+</sup> у середовищі культивування штаму ІМВ В-7405 буде супроводжуватися посиленням не тільки антимікробної, а й антиадгезивної активності синтезованих поверхнево-активних речовин. Крім того, не тільки в різних умовах культивування, а й упродовж періодичного процесу в складі комплексу ПАР може змінюватися співвідношення окремих компонентів, що також впливатиме на біологічні властивості цільового продукту. У зв'язку з цим досліджували роль у руйнуванні біоплівки *E. coli* ІЕМ-1 поверхнево-активних речовин, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 упродовж 5 і 7 діб на середовищі з різним вмістом катіонів кальцію.

У табл. 1 наведено дані про синтез ПАР в різних умовах культивування штаму ІМВ В-7405 на гліцерині. Ці дані засвідчують, що підвищення вмісту хлориду кальцію у базовому середовищі з 0,1 до 0,4 г/л супроводжувалося збільшенням концентрації ПАР в 1,4—2 рази. Крім того, під час культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 упродовж 7 діб кількість синтезованих ПАР була вищою порівняно з показниками процесу, тривалість якого становила 5 діб, причому така закономірність спостерігалася за умов росту продуцента як на базовому середовищі, так і на середовищі з підвищеним вмістом катіонів кальцію. Зазначимо, що незалежно від тривалості культивування і концентрації CaCl<sub>2</sub> у середовищі рН культуральної рідини під кінець культивування було практично однаковим (7,6—7,7).

Таблиця 1. Вплив умов культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на синтез ПАР

Тривалість культивування, діб	Концентрація CaCl <sub>2</sub> (г/л) у середовищі	рН <sub>кінцеве</sub>	ПАР, Г/л
5	0,1	7,6	1,12±0,05
	0,4	7,6	2,16±0,10
7	0,1	7,7	3,70±0,18
	0,4	7,7	5,10±0,25

На наступному етапі досліджували роль ПАР, синтезованих на базовому середовищі, у руйнуванні біоплівки *E. coli* ІЕМ-1 (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив тривалості культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на базовому середовищі на здатність синтезованих ПАР руйнувати біоплівку *E. coli* ІЕМ-1

Тривалість культивування, діб	Препарат	Руйнування (%) біоплівки після обробки ПАР (мг/мл)								
		1120	560	280	140	70	35	17,5	8,75	
5	розчин ПАР	77	73	82	84	78	83	79	82	
	супернатант	55	34	56	21	39	74	69	84	
7	розчин ПАР	Н.в.	56	56	46	41	40	80	79	
	супернатант	Н.в.	26	22	33	59	46	72	74	

**Примітка.** Під час визначення ступеня руйнування біоплівки похибка не перевищувала 5%. Н.в. — не визначали.

Дані, наведені у табл. 2, показують, що за дії розчину ПАР, синтезованих упродовж 5 діб, деструкція біоплівки на рівні 73—84% спостерігалася у всьому діапазоні досліджуваних концентрацій поверхнево-активних речовин (8,75—1120 мкг/мл). За використання аналогічного супернатанту такий рівень руйнування біоплівки *E. coli* IEM-1 досягався за концентрації ПАР 8,75—35 мкг/мл, а за дії вищих концентрацій ступінь деструкції знижувався до 21—56%. Такі дані можуть бути зумовлені наявністю у супернатанті інших, відмінних від ПАР, метаболітів, що «маскували» дію поверхнево-активних речовин як деструкторів біоплівки. У разі розведення супернатанту (зниження концентрації ПАР) вміст таких метаболітів знижувався, що супроводжувалося підвищенням ефективності дії поверхнево-активних речовин. Зазначимо, що у наших попередніх дослідженнях [8] було встановлено, що за використання ПАР, синтезованих *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, ступінь руйнування бактеріальних біоплівок підвищувався із збільшенням концентрації поверхнево-активних речовин як у супернатанті, так і розчині ПАР, а максимальна деструкція біоплівки *E. coli* IEM-1 (на рівні 50%) спостерігалася за найвищою з досліджуваних концентрацій ПАР (1280 мкг/мл). Таким чином, ПАР *N. vaccinii* IMB B-7405 є ефективнішими деструкторами біоплівки даної тест-культури, ніж поверхнево-активні речовини *A. calcoaceticus* IMB B-7241 (табл. 2) [8].

Подальші експерименти показали, що збільшення тривалості культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на базовому середовищі до 7 діб супроводжувалося синтезом ПАР, обидва препарати яких (супернатант, розчин ПАР) руйнували біоплівку *E. coli* IEM-1 на 72—80% тільки за найнижчих концентрацій (8,75—17,5 мкг/мл) (табл. 2). Збільшення концентрації ПАР у таких препаратах супроводжувалося зниженням ступеня руйнування біоплівки до 22—59%. Ці результати можна пояснити тим, що під час культивування штаму IMB B-7405 з 5-ї по 7-му добу синтезуються не тільки ПАР (див. табл. 1), а й інші метаболіти, що можуть маскувати їх дію як деструкторів біоплівки. Наведені у табл. 2 дані засвідчують необхідність розрахунків економічної ефективності процесу біосинтезу ПАР *N. vaccinii* IMB B-7405 з метою подальшого їх потенційного використання як компонентів мийно-дезінфікувальних засобів. Такі розрахунки необхідні для висновку про те, чи будуть виправданими витрати на триваліший процес, який забезпечить вищу концентрацію цільового продукту, чи достатньо отримати нижчу кількість ПАР упродовж меншого терміну культивування.

На наступному етапі аналізували вплив на руйнування біоплівки *E. coli* IEM-1 поверхнево-активних речовин, синтезованих *N. vaccinii* IMB B-7405 упродовж 5 і 7 діб на середовищі, в якому збільшували концентрацію катіонів кальцію — активатора НАДФ<sup>+</sup>-залежної глутаматдегідрогенази (табл. 3).

Дані, наведені у табл. 3, засвідчують схожі закономірності впливу ПАР, синтезованих *N. vaccinii* IMB B-7405 на базовому середовищі і середовищі з підвищеним вмістом катіонів кальцію, на деструкцію біоплівки *E. coli* IEM-1. Так, незалежно від концентрації поверхнево-активних речовин ступінь руйнування біоплівки за дії розчину ПАР, синтезованих упродовж 5 діб, був

практично однаковим і становив 74—87%. Щоправда, деструкція біоплівки під впливом аналогічного супернатанту була суттєво нижчою (24—67%), у той час як за використання супернатанту (8,75—35 мкг/мл ПАР), одержаного з культуральної рідини після вирощування штаму ІМВ В-7405 на базовому середовищі, досягала 69—84% (табл. 2).

**Таблиця 3. Роль ПАР, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на середовищі з підвищеним вмістом  $\text{Ca}^{2+}$ , у руйнуванні біоплівки *E. coli* ІЕМ-1**

Тривалість культивування, дів	Препарати	Руйнування (%) біоплівки після обробки ПАР (мкг/мл)							
		1120	560	280	140	70	35	17,5	8,75
5	розчин ПАР	85	83	74	83	80	74	84	87
	супернатант	Н.в.	28	24	50	50	51	59	67
7	розчин ПАР	Н.в.	48	48	45	67	44	80	79
	супернатант	Н.в.	16	19	35	82	80	78	78

**Примітка.** Під час визначення ступеня руйнування біоплівки похибка не перевищувала 5%. Н.в. — не визначали.

Так само, як і під час культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на базовому середовищі, збільшення до 7 дів тривалості процесу на середовищі з підвищеним вмістом катіонів кальцію, супроводжувалося синтезом ПАР, обидва препарати яких руйнували біоплівку *E. coli* ІЕМ-1 на 78—80% за невисоких концентрацій (8,75—17,5 мкг/мл). У разі збільшення концентрації ПАР у препаратах до 140—560 мкг/мл деструкція біоплівки тест-культури становила всього 16—48% (табл. 3).

Таким чином, дані, наведені у табл. 2 і 3, засвідчили практично однакову здатність поверхнево-активних речовин, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 на середовищі з різним вмістом катіонів кальцію, руйнувати біоплівку *E. coli* ІЕМ-1. Можна очікувати, що додаткове внесення у середовище культивування штаму ІМВ В-7405 активатора НАДФ<sup>+</sup>-залежної глутаматдегідрогенази супроводжуватиметься посиленням антимікробної активності синтезованих ПАР, що буде предметом наших подальших досліджень.

У [13] показано, що рамноліпіди *Pseudomonas aeruginosa* LCD12 здатні не лише запобігати прикріпленню бактерій *Staphylococcus aureus* FD5, *Staphylococcus epidermidis* LK8, *Bacillus subtilis* RI6, *E. coli* PJ3 до полістиролової поверхні, а й руйнувати утворені тест-культурами біоплівки на відповідному матеріалі. Так, за наявності ПАР штаму LCD12 (32—128 мкг/мл) руйнування біоплівок тест-культур становило 50%.

Мінімальна ефективна концентрація ліпopeптидів *Bacillus tequilensis* СН, необхідна для деструкції біоплівки *E. coli* і *Streptococcus mutans* на гідрофобних і гідрофільних поверхнях, становить 50 мкг/мл [14]. Пізніше ці ж автори встановили, що гліколіпід, синтезований *Lysinibacillus fusiformis* S9, за концентрації 40 мкг/мл не виявляв бактерицидної активності, проте повністю руйнував біоплівку штамів *E. coli* і *S. mutans* [15].

У [8] зазначалося, що ефективні концентрації мікробних ПАР, які забезпечують зниження адгезії мікроорганізмів на різних поверхнях і руйнування біоплівок суттєво різняться: для прояву антиадгезивних властивостей ПАР

необхідні значно нижчі (навіть на порядки) концентрації поверхнево-активних речовин. Так, концентрація ПАР *Lactobacillus jensenii* 25258 і *Lactobacillus rhamnosus* 7469, яка забезпечувала зниження на 40—50% адгезії клінічних ізолятів *Acinetobacter baumannii*, *E. coli* і *S. aureus* на полістиролі, становила 25—50 мг/мл, а концентрація, необхідна для руйнування на 30—50% біоплівки цих же бактерій, була удвічі вищою.

Одержані результати показують, що ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 у низьких концентраціях (8,75—17,5 мкг/мл) здатні руйнувати більш як на 80% біоплівку *E. coli* ІЕМ-1 на полістиролі, а також, як встановлено раніше [8; 10; 12], у практично таких самих концентраціях (5—30 мкг/мл) проявляють високу антиадгезивну активність і знижують на 50—80% адгезію деяких бактерій (*E. coli* ІЕМ-1, *Bacillus subtilis* БТ-2), дріжджів (*Candida albicans* Д-6) і мікроміцетів (*Aspergillus niger* Р-3, *Fusarium culmorum* Т-7) на абіотичних (пластик, скло, кахель, лінолеум) і біотичних (катетери, зубні протези) поверхнях.

### **Висновок**

Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено, що ефективні концентрації ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405, які забезпечують високий ступінь руйнування біоплівки *E. coli* ІЕМ-1, є в кілька разів нижчими, ніж встановлені для відомих у світі мікробних ПАР. Крім того, ПАР, синтезовані в різних умовах культивування штаму ІМВ В-7405, характеризувалися практично однаковою здатністю до деструкції бактеріальної біоплівки.

### **Література**

1. Kostakioti M., Hadjifrangiskou M., Hultgren S.J. Bacterial biofilms: development, dispersal, and therapeutic strategies in the dawn of the postantibiotic era. *Cold. Spring. Harb. Perspect. Med.* 2013; 3(4): a010306. doi: 10.1101/cshperspect.a010306.
2. Рахматуліна М.Р., Нецаева І.А. Биопленки микроорганизмов и их роль в формировании резистентности к антибактериальным препаратам. *Вестник дерматологии и венерологии.* 2015; (2): 58—62.
3. Голуб А.В. Бактериальные биопленки — новая цель терапии? *Клин. Микробиол. Антимикроб. Химиотер.* 2012; 14(1): 23—29.
4. Qu Y., Locock K., Verma-Gaur J., Hay I.D., Meagher L., Traven A. Searching for new strategies against polymicrobial biofilm infections: guanlylated polymethacrylates kill mixed fungal/bacterial biofilms. *J. Antimicrob. Chemother.* 2016; 71(2): 413—421. doi: 10.1093/jac/dkv334.
5. Rodrigues M.E., Lopes S.P., Pereira C.R., Azevedo N.F., Lourenco A., Henriques M., Pereira M.O. Polymicrobial ventilator-associated pneumonia: fighting *in vitro* *Candida albicans*-*Pseudomonas aeruginosa* biofilms with antifungal-antibacterial combination therapy. *PLoS ONE.* 2017; 12(1): e0170433. doi:10.1371/journal.pone.0170433.
6. Grischke J., Eberhard J., Stiesch M. Antimicrobial dental implant functionalization strategies — a systematic review. *Dent. Mater. J.* 2016; 35(4): 545—58. doi: 10.4012/dmj.2015-314.
7. Mohsenipour Z., Hassanshahian M. Antibacterial activity of *Euphorbia hebecarpa* alcoholic extracts against six human pathogenic bacteria in planktonic and biofilm forms. *Jundishapur J. Microbiol.* 2016; 9(6): e34701. <http://doi.org/10.5812/jjm.34701>.
8. 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.
9. Rivardo F., Martinotti M.G., Turner R.J., Ceri H. Synergistic effect of lipopeptide biosurfactant with antibiotics against *Escherichia coli* CFT073 biofilm. *Int. J. Antimicrob. Agents.* 2011; 37(4): 324—331. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2010.12.011.

10. Pirog T.P., Nikituk L.V., Tymoshuk K.V., Shevchuk T.A., Iutynska G.A. Biological properties of *Nocardia vaccini* IMV B-7405 surfactants synthesized on fried sunflower oil. *Microbiol. Zh.* 2016; 78(2): 2—12.

11. Gomes M-Z.V., Nitschke M. Evaluation of rhamnolipids surfactants as agents to reduce the adhesion of *Staphylococcus aureus* to polystyrene surfaces. *Lett. Appl. Microbiol.* 2012; 49(1): 960—965.

12. Pirog T.P., Nikituk L.V., Iutynska G.O. Biological properties of *Nocardia vaccini* IMV B-7405 surfactants synthesized on byproduct of biodiesel production // *Microbiol. Zh.* 2016; 78(5): 12—20.

13. Das P., Yang X-P., Ma L.Z. Analysis of biosurfactants from industrially viable *Pseudomonas* strain isolated from crude oil suggests how rhamnolipids congeners affect emulsification property and antimicrobial activity. *Front. Microbiol.* 2014; 5. doi: 10.3389/fmicb.2014.00696.

14. Pradhan A.K., Pradhan N., Mall G., Panda H.T., Sukla L.B., Panda P.K., Mishra B.K. Application of lipopeptide biosurfactant isolated from a halophile: *Bacillus tequilensis* CH for inhibition of biofilm. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2013;171(6): 1362—1375. doi: 10.1007/s-12010-013-0428-3.

15. Pradhan A.K., Pradhan N., Sukla L.B., Panda P.K., Mishra B.K. Inhibition of pathogenic bacterial biofilm by biosurfactant produced by *Lysinibacillus fusiformis* S9. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2014; 37(2): 139—149. doi: 10.1007/s00449-013-0976-5.

## **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *NOCARDIA VACCINII* ИМВ В-7405, НА ДЕСТРУКЦИЮ БИОПЛЕНКИ *ESCHERICHIA COLI* ИЭМ-1**

Т.П. Пирог, Л.В. Никитюк, К.Р. Кондрашевская, И.В. Ключка  
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована роль в разрушении биопленки *Escherichia coli* ИЭМ-1 поверхностно-активных веществ (ПАВ), синтезированных *Nocardia vaccini* IMV B-7405 в течение 5 и 7 суток в среде с различным содержанием катионов кальция (активатор НАДФ<sup>+</sup>-зависимой глутаматдегидрогеназы — ключевого фермента биосинтеза поверхностно-активных аминоклинолипидов). Установлено, что независимо от содержания CaCl<sub>2</sub> в среде (0,1 или 0,4 г/л) и длительности культивирования штамма IMV B-7405 синтезированные ПАВ в низких концентрациях (8,75—17,5 мкг/мл) разрушали на 60—87% биопленку *E. coli* ИЭМ-1 на полистироле. Эффективные концентрации ПАВ *N. vaccini* IMV B-7405, обеспечивающие высокую степень разрушения биопленки *E. coli* ИЭМ-1, в несколько раз ниже, чем установленные для известных в мире микробных ПАВ.

**Ключевые слова:** *Nocardia vaccini* IMV B-7405, поверхностно-активные вещества, деструкция биопленки, условия культивирования.

## MODES OF METHANE FERMENTATION OF CHICKEN MANURE

A. Salyuk, A. Kotinskiy, S. Zhadan, E. Shapovalov

*National University of Food Technologies*

Key words:	ABSTRACT
<p><i>Chicken manure</i> <i>Biogas</i> <i>Methane fermentation</i> <i>Modeling</i> <i>Mode</i></p> <hr/> <p><b>Article history:</b> Received 14.01.2017 Received in revised form 28.01.2017 Accepted 25.02.2017</p> <hr/> <p><b>Corresponding author:</b> S. Zhadan <b>E-mail:</b> zhadan.nuft@gmail.com</p>	<p>The article presents the results of simulation of methane production from poultry manure in a continuous mode. Experimental research on the periodic methane fermentation at different moisture content values of the substrate in the mesophilic and thermophilic conditions has been conducted. Basing on the obtained results, kinetic parameters of acetoclastic methanogenesis reaction have been determined and used for simulation of methane production in a continuous mode. Technological parameters corresponding to different modes of biogas plant operation in the mesophilic and thermophilic conditions have been established. The maximum yield of methane from the unit of volume of the apparatus in the mesophilic mode is observed with a substrate moisture content of 88% and a hydraulic retention time of 14.75 days, and in thermophilic mode — at a substrate moisture content of 92% and a hydraulic retention time of 4.88 days.</p>

## РЕЖИМИ МЕТАНОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ

A.I. Салюк, A.B. Котинський, С.О. Жадан, Є.Б. Шаповалов

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено результати моделювання виробництва метану з курячого посліду у безперервному режимі. Проведено експериментальні дослідження з періодичної метанової ферментації при різній вологості субстрату у мезофільних і термофільних умовах. На основі отриманих результатів визначено кінетичні параметри реакції ацетокластичного метаногенезу, які використано для моделювання виробництва метану в безперервному режимі. Встановлено значення технологічних параметрів, що відповідають різним режимам роботи біогазової установки у мезофільних і термофільних умовах. Максимальний вихід метану з одиниці об'єму апарата у мезофільному режимі спостерігається при вологості субстрату 88% і часі обороту реактора 14,75 доби, а в термофільному — при вологості субстрату 92% і часі обороту реактора 4,88 доби.*

**Ключові слова:** *курячий послід, біогаз, метанова ферментація, моделювання, режим.*

**Постановка проблеми.** Курячий послід є перспективним субстратом для виробництва біогазу, зважаючи на потужність птахофабрик і високу здатність до біологічного розкладу. Для підвищення економічної ефективності метанової ферментації необхідна її оптимізація. Основними технологічними параметрами, що визначають продуктивність біогазової установки, є вологість субстрату, тривалість процесу і температурний режим. Залежно від критерію оптимізації значення цих параметрів буде різним.

**Мета статті:** визначити значення технологічних параметрів, що відповідають різним режимам роботи біогазової установки у мезофільних і термофільних умовах.

**Матеріали і методи досліджень.** Курячий послід був отриманий з ПАТ «Птахофабрика «Васильківська»», де курки-несучки утримувались у кліткових батареях. Послід, призначений для проведення досліджень, брали у день його утворення. З нього вилучали пір'я і неперетравлене зерно та гомогенізували до однорідного стану за допомогою блендера.

Як посівний матеріал використовували надлишковий анаеробний активний мул, взятий з метантенків Бортницької станції аерації ПАТ АК «Київводоканал», у яких піддають обробці осад з первинних відстійників. Мул відстоювали та декантували рідину, що відшарувалась.

Досліди з періодичної метанової ферментації проводили у шприцах для інфузійних насосів об'ємом 50 см<sup>3</sup> у трикратній повторності.

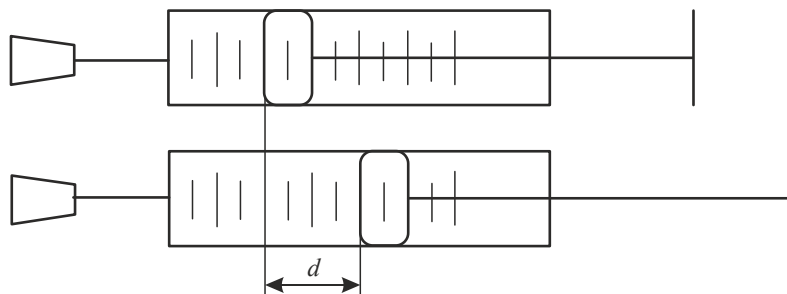


Рис. 1. Використання шприців як анаеробних реакторів

Послід розводили до необхідної вологості водопровідною водою. У кожен шприц завантажували 20 г субстрату. Масова частка анаеробного активного мулу становила 10%. Для герметизації шприців на голки насаджували гумові корки. Шприци поміщали у сухоповітряний термостат. Дослідження проводили у мезофільному режимі при температурі 35 °С і в термофільному режимі при температурі 50 °С. Тривалість експерименту становила 50 діб. Кількість виробленого біогазу визначали за відхиленням поршня шприца  $d$ .

Для визначення кінетичних констант використано числовий розв'язок інтегральної форми рівняння Міхаеліса-Ментен у лінеаризованому вигляді [1]:

$$\frac{S_0 - S_\tau}{M_{X_{ac,j}} \cdot \tau_j} = K_S \cdot Y_{X/S} \cdot \frac{\ln \frac{S_0}{S_\tau}}{M_{X_{ac,j}} \cdot \tau_j} + \mu_{X_{ac,max}}$$



де  $S_0$  — початкова маса СОР субстратів, г СОР;  $S_t$  — оцінена маса СОР на момент часу  $\tau_i$ , г СОР;  $M_{Xac, j}$  — оцінена клітинна маса ацетокластичних метаногенів на момент часу  $\tau_i$ , г<sub>к.м.</sub>;  $K_S$  — константа напівнасичення, г СОР/дм<sup>3</sup>;  $Y_{X/S}$  — вихід клітинної маси метаногенів, 0,0419 г<sub>к.м.</sub>/г СОР;  $\mu_{Xac, max}$  — максимальна швидкість росту ацетокластичних метаногенів, доба<sup>-1</sup>.

Для оцінки питомої швидкості виходу метану  $P_{CH_4}$ , дм<sup>3</sup> СН<sub>4</sub>/(дм<sup>3</sup>·доба) використано таку залежність [2]:

$$P_{CH_4} = \frac{DY_{P/S}}{0,7\rho_{CH_4}} \cdot \left( S_0 - \frac{DK_S}{K_{max} - D} \right),$$

де  $D$  — гідравлічне навантаження реактора, доба<sup>-1</sup>;  $k_{max}$  — константа швидкості реакції ацетокластичного метаногенезу, доба<sup>-1</sup>;  $K_S$  — константа напівнасичення, г<sub>екв.</sub> Ас/дм<sup>3</sup>;  $\rho_{CH_4}$  — питома густина метану, 0,717 кг/м<sup>3</sup>;  $Y_{P/S}$  — вихід метану при розпаді ацетату, г СН<sub>4</sub>/г Ас;  $S_0$  — початкова еквівалентна концентрація ацетату у вхідному субстраті, г<sub>екв.</sub> Ас/дм<sup>3</sup>.

Виходячи з того, що для метанової ферментації у безперервному режимі курячий послід повинен мати необхідну для цього консистенцію, математичне моделювання виробництва метану проведено для вологості інфлюенту в діапазоні від 86% до 99%.

**Результати і обговорення.** Використовуючи результати метанової ферментації курячого посліду різної вологості у періодичному режимі, визначено кінетичні параметри реакції ацетокластичного метаногенезу, а саме: максимальну швидкість  $k_{max}$  і константу напівнасичення  $K_S$  (табл. 1 і 2).

*Таблиця 1. Кінетичні параметри ацетокластичного метаногенезу у мезофільному режимі*

№	Вологість субстрату, %	Показник	
		$K_S$ , г СОР/дм <sup>3</sup>	$k_{max}$ , доба <sup>-1</sup>
1	99	2,937	0,275
2	98	6,886	0,245
3	96	13,195	0,238
4	94	19,815	0,222
5	92	26,853	0,189
6	90	32,972	0,186
7	88	39,809	0,186
8	86	44,343	0,146

*Таблиця 2. Кінетичні параметри ацетокластичного метаногенезу у термофільному режимі*

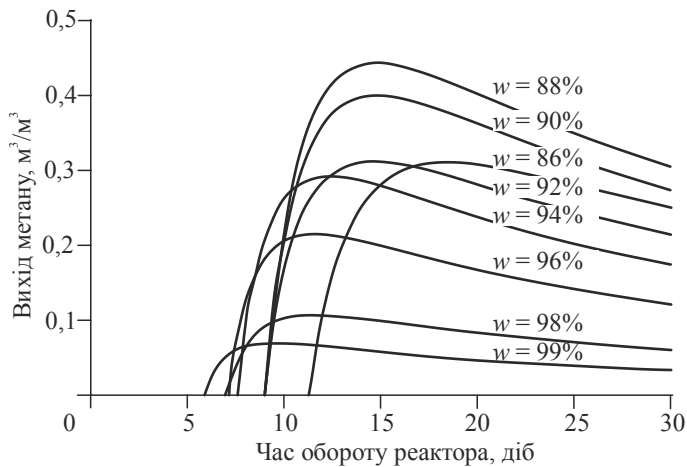
№	Вологість субстрату, %	Показник	
		$K_S$ , г СОР/дм <sup>3</sup>	$k_{max}$ , доба <sup>-1</sup>
1	99	3,588	0,459
2	98	6,706	0,706
3	96	13,706	0,811
4	94	20,319	0,746
5	92	26,047	0,557
6	90	32,319	0,467
7	88	38,89	0,376
8	86	45,612	0,323

Константа напівнасичення субстрату  $K_S$  зростала зі зменшенням вологості субстрату в обох температурних режимах. У мезофільних і термофільних умовах її значення суттєво не відрізнялись.

Максимальна швидкість ацетокластичного метаногенезу  $k_{\max}$  була вищою у термофільному режимі. У термофільних умовах її значення було в 1,7—3,4 рази вищим, ніж у мезофільних.

Отримані кінетичні параметри ацетокластичного метаногенезу у мезофільних і термофільних умовах використано для моделювання виробництва метану в безперервному режимі.

Швидкість виходу метану в мезофільному режимі зі зниженням вологості субстрату від 99 до 88% збільшується, а з подальшим зниженням вологості до 86% — зменшується (рис. 2).



**Рис. 2. Вихід метану з одиниці об'єму апарата у мезофільному режимі залежно від вологості субстрату і часу обороту реактора**

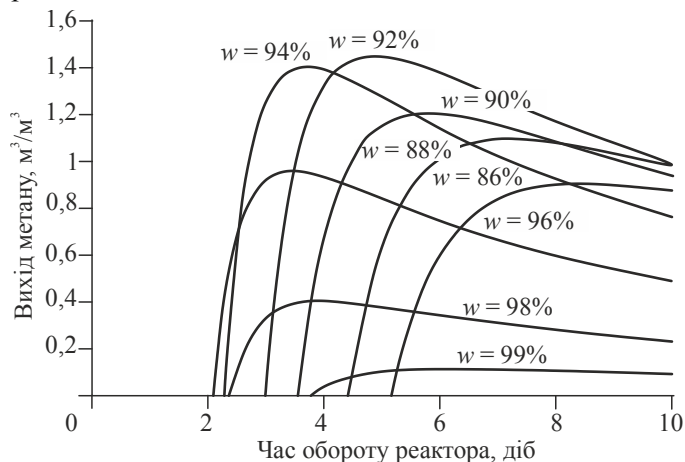
Закономірності зміни швидкості виходу метану з одиниці об'єму апарата залежно від часу обороту реактора і вологості субстрату у мезофільному режимі відповідають результатам досліджень А. Вебба і Ф. Хоукс, а також З. Пекіна і співав. [4; 6].

Швидкість виходу метану в термофільному режимі зі зниженням вологості субстрату від 99 до 92% збільшується, а з подальшим зниженням вологості до 86% — зменшується (рис. 3). Закономірності зміни швидкості виходу метану з одиниці об'єму апарата залежно від часу обороту реактора і вологості субстрату в термофільному режимі відповідають результатам досліджень Дж. Хуанга і Дж. Шіха, а також Р.Е. Хабібулліна [3; 5].

Встановлено значення часу обороту реактора при різній вологості субстрату в мезофільному і термофільному режимі, що відповідають певному режиму роботи біогазової установки (табл. 3 і 4), а саме:

- швидкість виходу метану падає до нуля внаслідок критичного вимивання популяції метаногенів;

- швидкість виходу метану є найвищою і відповідає максимальному потоку метаногенів (без урахування факторів інгібування процесу);
- значення критеріального комплексу  $[P_{CH_4} \cdot Q_{CH_4}]$  є найвищим;
- частка виходу метану становить 95%, а подальше збільшення тривалості процесу є нераціональним.



**Рис. 3. Вихід метану з одиниці об'єму апарата у термофільному режимі залежно від вологості субстрату і часу обороту реактора**

**Таблиця 3. Режими роботи біогазової установки у мезофільних умовах**

№	Вологість субстрату, %	Час обороту реактора, що відповідає певному режиму, дб			
		Швидкість виходу $CH_4$ падає до нуля	Швидкість виходу $CH_4$ є найвищою	Значення $[P_{CH_4} \cdot Q_{CH_4}]$ є найвищим	Частка виходу $CH_4$ становить 95%
1	99	5,82	9,38	12,06	55,09
2	98	6,95	11,41	14,86	69,33
3	96	7,03	11,49	14,91	67,22
4	94	7,54	12,33	15,99	71,21
5	92	8,92	14,6	18,97	81,82
6	90	9,0	14,7	19,07	82,93
7	88	9,02	14,75	19,14	91,93
8	86	11,28	18,34	23,73	98,17

**Таблиця 4. Режими роботи біогазової установки у термофільних умовах**

№	Вологість субстрату, %	Час обороту реактора, що відповідає певному режиму, дб			
		Швидкість виходу $CH_4$ падає до нуля	Швидкість виходу $CH_4$ є найвищою	Значення $[P_{CH_4} \cdot Q_{CH_4}]$ є найвищим	Частка виходу $CH_4$ становить 95%
1	99	3,77	6,23	8,13	36,76
2	98	2,39	3,91	5,08	22,7
3	96	2,1	3,44	4,48	17,94
4	94	2,27	3,72	4,83	23,04
5	92	2,99	4,88	6,32	28,25
6	90	3,55	5,79	7,51	34,57
7	88	4,42	7,21	9,34	39,02
8	86	5,15	8,41	10,09	46,78

Максимальний вихід метану з одиниці об'єму апарата у мезофільному режимі спостерігається при вологості субстрату 88% і часі обороту реактора 14,75 доби, а в термофільному — при вологості субстрату 92% і часі обороту реактора 4,88 доби.

### Висновки

Встановлено значення технологічних параметрів, що відповідають різним режимам роботи анаеробного реактора. Максимальний вихід метану з одиниці об'єму апарата у мезофільному режимі спостерігається при вологості субстрату 88% і часі обороту реактора 14,75 доби, а в термофільному — при вологості субстрату 92% і часі обороту реактора 4,88 доби.

### Література

1. Кучерук П.П. Дослідження кінетичних параметрів при періодичному метановому бродінні суміші гнойових стоків та силосу кукурудзи / Петро Петрович Кучерук // Відновлювана енергетика. — 2016. — № 1. — С. 73—78.
2. Кучерук П.П. Підвищення ефективності виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння гнойових відходів та силосу кукурудзи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.08 «Перетворювання відновлюваних видів енергії» / Кучерук Петро Петрович. — Київ, 2016. — 20 с.
3. Хабибуллин Р.Э. Исследование и разработка интенсивной биотехнологии анаэробной переработки куриного помета : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 03.00.23 «Биотехнология» / Р.Э. Хабибуллин. — Казань, 1995. — 18 с.
4. Pechan Z. Anaerobic Digestion of Poultry Manure at High Ammonium Nitrogen Concentrations / Z. Pechan, O. Knappovfi // Biological Wastes. — 1987. — № 20. — P. 117—131.
5. Huang J.J.H. The potential of biological methane generation from chicken manure / J.J.H. Huang, J.C.H. Shih // Biotech. and Bioeng. — 1981. — № 23(10). — P. 2307—2314.
6. Webb A.R. The anaerobic digestion of poultry manure: Variation of gas yield with influent concentration and ammonium — nitrogen levels / A. R. Webb, F. R. Hawkes // Agric. Waste. — 1985. — № 14(2). — P. 135—136.

## РЕЖИМЫ МЕТАНОВОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ КУРИНОГО ПОМЕТА

А.И. Салюк, А.В. Котинский, С.А. Жадан, Е.Б. Шаповалов  
Национальный университет пищевых технологий

*В статье приведены результаты моделирования производства метана из куриного помета в непрерывном режиме. Проведены экспериментальные исследования по периодической метановой ферментации при разной влажности субстрата в мезофильных и термофильных условиях. На основе полученных результатов определены кинетические параметры реакции ацетокластического метаногенеза, которые использованы для моделирования производства метана в непрерывном режиме. Установлено значения технологических параметров, соответствующих различным режимам работы биогазовой установки в мезофильных и термофильных условиях. Максимальный выход метана с единицы объема аппарата в мезофильном режиме наблюдается при влажности субстрата 88% и времени оборота реактора 14,75 суток, а в термофильном — при влажности субстрата 92% и времени оборота реактора 4,88 суток.*

**Ключевые слова:** куриный помет, биогаз, метановая ферментация, моделирование, режим.

## ANALYSIS OF ANTAGONISTIC PROPERTIES OF BREAD WITH FUNCTIONAL FOOD ADDITIVES

E. Makarenko, E. Pokoyovets, N. Gregirchak

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Provocative testing*

*Rosehip extract*

*Sorbitol*

*Probiotic film*

---

**Article history:**

Received 15.01.2017

Received in revised form

10.02.2017

Accepted 22.02.2017

---

**Corresponding author:**

E. Makarenko

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The microbiological stability of bakery products with the addition of rosehip extract, sorbitol and probiotic film has been studied using the provocative testing. It is shown that when these functional additives are added to bread, the area of its contamination by microorganisms, which are the causative agents of bread spoilage (*Bacillus subtilis* BT-2, *Penicillium chrysogenum* F-7, *Aspergillus niger* P-3), decreases. It has been found that the bread with wild rose extract and biotic cover not only retains the characteristic properties of bread, but also has the extended shelf life.

## ДОСЛІДЖЕННЯ АНТАГОНІСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХЛІБА З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ХАРЧОВИМИ ДОБАВКАМИ

Є.В. Макаренко, К.Ю. Покойовець, Н.М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено мікробіологічну стійкість хлібобулочних виробів з додаванням екстракту шипшини, сорбіту й пробіотичної плівки методом провокаційного тестування. Показано, що при додаванні до хліба зазначених функціональних добавок площа ураження його мікроорганізмами-збудниками псування хліба (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Penicillium chrysogenum* Ф-7, *Aspergillus niger* Р-3) зменшується. Встановлено, що хліб з екстрактом шипшини і пробіотичним покриттям зберігає характерні властивості, також збільшується термін його зберігання.

**Ключові слова:** провокаційне тестування, екстракт шипшини, сорбіт, пробіотична плівка.

**Постановка проблеми.** З урахуванням екологічної ситуації в Україні зростає увага дослідників до хлібобулочних виробів з лікувально-профілактичними властивостями. Застосування нових добавок дає змогу випускати вироби функціонального призначення, які б підтримували мікробіоценоз

кишечника і містили речовини, сприятливі для розвитку корисної мікрофлори, тому ведуться розробки нових рецептур хлібобулочних виробів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю з додаванням білка зародка пшениці, кукурудзи, амаранту, буряку, моркви, гарбуза, екстрактів лікарських рослин [1; 2]. Для збагачення вітамінами групи А на підприємствах використовують природний (морква, гарбуз, шипшина тощо) та синтезований  $\beta$ -каротин [3]. Також на особливу увагу заслуговує йодування хлібних виробів. Основним джерелом йоду органічного походження є морські водорості [4]. Створено нові сорти хлібобулочних виробів з використанням термостійкого пігменту мікроводорості *Spirulina platensis* [5].

Для розширення різноманітності функціональних добавок до хліба об'єктами даного дослідження було обрано компоненти різних характеристик та походження, які, зважаючи на властивості, повинні позитивно впливати на якість і підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів. Так, перевірено можливість використання на виробництві рецептурних інгредієнтів, отриманих із сировини рослинного походження (екстракту шипшини), нанесення пробіотичної плівки на готовий виріб, а також додавання в тісто сорбіту. Мікроорганізми, що входять до складу харчової плівки, мікронутрієнти екстракту шипшини та сорбіт, здатні проявляти антагоністичну активність проти різних груп шкідливих мікроорганізмів, захищають хліб від шкідливої мікрофлори [6; 7], що може значно подовжити термін його зберігання.

**Мета дослідження:** оцінка якості хлібобулочних виробів, виготовлених з додаванням екстракту шипшини, сорбіту та покриттям пробіотичною плівкою за мікробіологічними показниками, а саме: перевірка мікробіологічної стійкості досліджуваних зразків хліба методом провокаційного тестування.

**Матеріали і методи дослідження.** Мікробіологічну безпеку хліба перевіряли за допомогою провокаційного тестування таким чином: на м'якуш і скоринку хліба з пробіотиком, до складу якого входять *Acetobacter aceti*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium adolescentics*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Propionibacterium freudenreichii*, екстрактом шипшини (5 мл/100 г тіста), сорбітом (3 г/100 г тіста), а також на контрольний зразок хліба без добавок (приблизна площа 36 см<sup>2</sup>) наносили по 1 мл попередньо приготованої суспензії мікроорганізмів *Bacillus subtilis* БТ-2 концентрацією  $1,02 \cdot 10^6$  КУО/мл, *Penicillium chrysogenum* Ф-7 концентрацією  $9,4 \cdot 10^4$  конідій/мл, *Aspergillus niger* Р-3 —  $3,7 \cdot 10^4$  конідій/мл. Зразки поміщали в термостат при 37 °С (*B. subtilis* БТ-2) і 28 °С (*P. chrysogenum* Ф-7, *A. niger* Р-3). Результати спостерігали через 24 і 48 год [8]. Оцінку проводили методом порівняння площі зараження досліджуваних зразків хліба з контролем.

**Результати і обговорення.** Мікробіологічна безпека хліба залежить від виду і кількості мікроорганізмів та їх здатності до розмноження у виробі. Унаслідок високої температури випікання (220—300 °С на поверхні та 90—95 °С всередині) при виході з печі поверхня хліба майже стерильна, а в м'якущі життєздатність зберігають лише спори бактерій. Спори пліснявих грибів потрапляють на поверхню виробу тільки при контакті з навколишнім середовищем виробничого приміщення.

Таким чином, мікрофлора готових виробів хлібобулочного виробництва складається в основному з мікроорганізмів, що розвиваються на поверхні хліба (плісняві гриби) та всередині його (спороутворюючі бактерії), тому найбільш розповсюдженими є два види мікробіологічного псування хліба — «картопляна хвороба» та пліснявіння хліба [9].

Нами проводилося провокаційне тестування хліба, покритого пробіотичною плівкою і без неї, а також хліба з екстрактом шипшини і сорбітом з використанням типових грибів, які викликають псування хліба (*P. chrysogenum* Ф-7, *A. niger* Р-3). Площу ураження вимірювали через 48 год, оскільки в торговельній мережі хліб може зберігатися більше двох діб.

Перевіряли стійкість хліба, покритого пробіотичною плівкою та без неї, відразу після випікання та через добу після випічки. Дослід проводили в трьох повторностях і вибирали середнє значення.

**Таблиця 1. Провокаційне тестування скоринки хлібобулочного виробу, зараженого тест-штамами цвілі**

Тест-культура	Зразок	Площа враження свіжовипеченого хліба	Площа зараження хліба після добового зберігання
<i>Aspergillus niger</i> Р-3	контроль без покриття	12,6±0,3	13,8±0,3
	зразок з пробіотичною плівкою	7±0,2	9,6±0,2
<i>Penicillium chrysogenum</i> Ф-7	контроль без покриття	8±0,2	12,6±0,3
	зразок з пробіотичною плівкою	5,7±0,2	4,9±0,1

Аналіз даних табл. 1 показав, що площа ураження свіжовипеченого хліба з додаванням пробіотика менша на 22,4% для *A. niger* Р-3 і 9,2% для *P. chrysogenum* Ф-7 порівняно з контрольним зразком хліба без покриття. У хлібі з покриттям після добового зберігання площа ураження була меншою на 16,8% і 30,8% для *A. niger* Р-3 і *P. chrysogenum* Ф-7 порівняно з контрольним зразком хліба без покриття. Такі результати можна пояснити тим, що молочнокислі бактерії проявляють сильну антагоністичну активність проти різних груп мікроорганізмів за рахунок синтезу кислот, бактеріоцинів і з'єднань бактерицидного походження [10].

Мікробіологічна безпека хліба залежить також від виду і кількості мікроорганізмів та їх здатності до розмноження всередині виробів, тому нами проводилося провокаційне тестування м'якушки хліба. Дослід проводили в трьох повторностях і вибирали середнє значення.

**Таблиця 2. Результати тестування м'якушки хлібобулочного виробу, зараженого тест-штамами цвілі і спорових бактерій**

Тест-культура	Зразок	Площа враження свіжовипеченого хліба	Площа зараження хліба після добового зберігання
1	2	3	4
<i>Aspergillus niger</i> Р-3	контроль без покриття	15,9±0,3	12,5±0,3
	зразок з пробіотичною плівкою	6,5±0,3	7,1±0,2

1	2	3	4
<i>Penicillium chrysogenum</i> Ф-7	контроль без покриття	5,7±0,2	9,6±0,2
	зразок з пробіотичною плівкою	3,1±0,1	6,1±0,2
<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	контроль без покриття	8±0,2	10,7±0,3
	зразок з пробіотичною плівкою	5,7±0,2	6,6±0,2

Аналіз отриманих даних (табл. 2) показав, що площа ураження свіжовипеченого хліба з додаванням пробіотиків у покриття була менша на 47%, 13% і 11,5% для *A. niger* Р-3, *P. chrysogenum* Ф-7 і *B. subtilis* БТ-2 порівняно з контрольним зразком. Подібна тенденція зберігалася в досліджуваних зразках після добового зберігання — на 27%, 17,5% і 20,5% менше для *A. niger* Р-3, *P. chrysogenum* Ф-7 і *B. subtilis* БТ-2 порівняно зі зразком без покриття. Це свідчить про те, що використання покриття з пробіотиком для оброблення хліба здійснює високу фунгі- та бактеріостатичну дію.

Численні дослідження показали, що екстракт шипшини і його похідні активні проти таких грампозитивних бактерій, як *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium* і *Bacillus subtilis*. У деяких працях відзначено ефективність екстракту проти *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* [8], тому цікаво було дослідити, чи впливає екстракт шипшини, доданий у рецептуру хлібобулочних виробів, на шкідливу мікрофлору хліба. Результати дослідження наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Провокаційне зараження м'якуша хліба з екстрактом шипшини

Площа зараження, см <sup>2</sup>	Тест-культура		
	<i>A. niger</i> Р-3	<i>P. chrysogenum</i> Ф-7	<i>B. subtilis</i> БТ-2
Контрольний зразок	19,6±0,8	12,5±0,6	7±1,4
Екстракт шипшини	17,5±0,4	10,8±0,5	4,9±1,3

Отримані результати дослідження хліба з додаванням екстракту шипшини показують, що площа зараження досліджуваного зразка *A. niger* Р-3, *P. chrysogenum* Ф-7 і *B. subtilis* БТ-2 менша на 11%, 15,7%, 30% порівняно з контролем. Наведені результати свідчать про невисокі антагоністичні властивості екстракту в складі хліба на гриби та досить позитивний стримуючий ефект на розвиток спорових бактерій *B. subtilis* збудників «картопляної» хвороби хліба, що є досить важливою властивістю.

Ще одним методом створення «здорового» хліба є заміна цукру на сорбіт. Такий хліб доцільно приймати пацієнтам з цукровим діабетом і ожирінням. Головним плюсом є його знижена калорійність [11]. Доведено ефективну дію сорбіту як кріопротектора при заморожуванні тіста, оскільки він здатний утримувати вологу і захищати дріжджові клітини від руйнування при зниженні температури [12], тому необхідно перевірити, чи впливає наявність сорбіту в хлібі на мікробіологічну стійкість продукту.



*Таблиця 4. Провокаційне зараження м'якуша хліба з сорбітом*

Площа зараження, см <sup>2</sup>	Тест-культура		
	<i>A. niger</i> P-3	<i>P. chrysogenum</i> Ф-7	<i>B. subtilis</i> БТ-2
Контрольний зразок	15,1±0,6	6,8±0,7	6,4±0,7
Хліб з сорбітом	14,5±0,4	6,2±0,3	5,6±0,4

Аналіз результатів, наведених у табл. 4, показує, що площа зараження зразка, випеченого з додаванням сорбіту, *A. niger* P-3, *P. chrysogenum* Ф-7 і *B. subtilis* БТ-2 менша на 4,1%, 9,7% і 14,2% порівняно з контролем. Результати дослідження знаходяться в межах мікробіологічної похибки, тому можна констатувати, що сорбіт у складі хліба майже не впливає на його мікробіологічну безпеку, проте і не спричиняє погіршення мікробіологічної стійкості. Використання даного цукрозамінника в складі хлібобулочних виробів доцільне для споживачів хворих на діабет чи ожиріння.

### **Висновки**

Результати досліджень свідчать про мікробіологічну безпеку хліба з пробіотиком, тому можна зробити висновок про можливе використання пробіотика в складі їстівної плівки для покриття хліба. Така ж ефективність спостерігалася при дослідженні антагоністичних властивостей хліба з додаванням в його склад екстракту шипшини. Досить незначні протимікробні властивості спостерігались при дослідженні хліба із сорбітом.

### **Література**

1. *Алексеев Е.* Нетрадиционное природное сырье для производства хлебобулочных изделий // *Хлебопродукты.* — 2008. — № 9 — С. 50—51.
2. *Шатнюк Л.* Обогащение хлебобулочных изделий микронутриентами / Л. Шатнюк // *Хлебопродукты.* — 2005. — № 2. — С. 34—37.
3. *Kaprelyants L.V., Voloshenko O.S., Zhurlova E.D.* Bioactive compounds and dietary fibers in new developed cereal products // *Зернові продукти і комбікорми.* — 2012. — № 3. — С. 17—21.
4. *Арсеньева Л.Ю.* Йодирование хлеба — один из путей решения проблемы йододефицита / Л.Ю. Арсеньева, Л.А. Герасименко, М.Н. Антонюк // *Экономический вестник фармации.* — 2003. — № 1. — С. 16—20.
5. *Лебеденко Т.Є.* Вивчення впливу рослинних добавок на хід технологічного процесу та якість хлібобулочних виробів / Т.Є. Лебеденко, С.П. Решта, Н.В. Ружицька // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій.* — 2009. — Вип. 36(1). — С. 203—209.
6. *Лебеденко Т.Є.* Підвищення якості хліба пшеничного шляхом використання лікарської рослинної сировини / Т.Є. Лебеденко, В.О. Кожернікова, С.В. Васильев // *Зернові продукти і комбікорми* — 2013. — Т. 10, № 2. — С. 18—25.
7. *Saad N. Delattre C., Urdaci M.* An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field // *Food Science and Technology.* — 2013. — № 50(1). — P. 1—16.
8. *Грегірчак Н.М.* Мікробіологія харчових виробництв: Лаборатор. практикум. — Київ : НУХТ, 2009. — 302 с.
9. *Полякова С.П.* Методы и средства повышения микробиологической безопасности хлебобулочных изделий // *Хлебопечение России.* — 2003. — № 6. — С. 3—5.
10. *Davidson J. F., Whyte B., Bissinger P. H., Schiestl R.H.* Oxidative stress is involved in heat-induced cell death in *Saccharomyces cerevisiae* // *Microbiology.*—1996. — Vol. 93. — С. 5116—5121.

11. Генделека Г.Ф. Использование сахарозаменителей и подсластителей в диетотерапии сахарного диабета и ожирения / Г.Ф. Генделека, А.Н. Генделека // Международный эндокринологический журнал — 2013. — Т. 50, № 2. — С. 34—38.

12. Кенийз Н.В. Влияние различных криопротекторов на реологию теста для полуфабрикатов / Н.В. Кенийз, Н.В. Сокол // Молодой ученый. — 2014. — №10. — С. 147—150.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАГОНИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛЕБА С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПИЩЕВЫМИ ДОБАВКАМИ**

**Е.В. Макаренко, Е.Ю. Покойовец, Н.Н. Грегирчак**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследована микробиологическая устойчивость хлебобулочных изделий с добавлением экстракта шиповника, сорбита и пробиотической пленки методом провокационного тестирования. Показано, что при добавлении к хлебу указанных функциональных добавок площадь поражения его микроорганизмами-возбудителями порчи хлеба (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Penicillium chrysogenum* Ф-7, *Aspergillus niger* Р-3) уменьшается. Установлено, что хлеб с экстрактом шиповника и пробиотическим покрытием сохраняет характерные свойства, также увеличивается срок его хранения.*

**Ключевые слова:** *провокационное тестирование, экстракт шиповника, сорбит, пробиотическая пленка.*

УДК 631.155

## WORLD EXPERIENCE OF GOVERNMENT REGULATION OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES

G. Penchuk

National University of Food Technologies

---

<b>Key words:</b> <i>Government regulation</i> <i>Subsidies</i> <i>Compensation payments</i> <i>Quotas</i> <i>Pricing</i>	<b>ABSTRACT</b> The world experience of government regulation of agro-industrial enterprises has been investigated in this article. It has been revealed that such regulation is carried out through government support, direct and indirect government subsidies. For this purpose, the following types of subsidies are used: compensation for losses, including compensation for damages from natural disaster, government regulation of prices for agricultural products, introduction of quotas and rates, collaboration in market development and creation of farmers' associations. Based on the study of modern methods of government regulation of agro-industries, the appropriate recommendations regarding expediency of application of such experience in Ukraine have been given.
<b>Article history:</b> Received 12.01.2017 Received in revised form 25.01.2017 Accepted 21.02.2017	
<b>Corresponding author:</b> G. Penchuk <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

---

## СВІТОВИЙ ДОСВІД ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АГРОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Г.С. Пенчук

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено світовий досвід державного регулювання агропромислових підприємств. З'ясовано, що регулювання здійснюється через заходи державної підтримки шляхом прямого і непрямого державного субсидування. Для цього використовуються такі типи субсидування, як компенсаційні виплати, відшкодування збитків від стихійних лих, державне регулювання цін на сільськогосподарську продукцію, встановлення квот і тарифів, сприяння розвитку ринку і створенню фермерських об'єднань. На основі проведеного дослідження сучасних методів державного регулювання агропромислових підприємств надано рекомендації щодо доцільності застосування такого досвіду в Україні.*

**Ключові слова:** державне регулювання, субсидування, компенсаційні виплати, квоти, ціноутворення.

**Постановка проблеми.** Досвід розвинених країн свідчить, що в умовах ринкової економіки ефективність агропромислових підприємств значною мірою залежить від державного регулювання. Проте, незважаючи на здій-

снювані протягом останніх років економічні реформи в АПК України, абсолютна більшість вищезазначених підприємств виявилися невідповідними до роботи в нових умовах. Це пояснюється незавершеністю інституціональних і земельних перетворень в аграрному секторі, незакріпленістю юридичних прав власників і користувачів земель, вільним обігом земельних паїв. Державна фінансова підтримка агропромислових підприємств ґрунтується, головним чином, на наданні дотацій і компенсації витрат на виробництво тих видів продукції, які в момент розподілу фінансових ресурсів опинилися в найбільш скрутному становищі. Механізм датування й субсидування має зрівняльний характер. Ціни на сільськогосподарську продукцію низькі, і, як наслідок, рівень прибутків більшості підприємств не дає змоги їм вести не лише розширене, а й просте відтворення, підтримувати й оновлювати матеріально-технічну базу, своєчасно розраховуватися з постачальниками та банками [2]. Враховуючи винятково важливе значення агропромислового виробництва для забезпечення продовольчої, економічної й політичної незалежності країни, дослідження та застосування світового досвіду державного регулювання агропромислових підприємств є не лише доцільним, а й необхідним, що послужило підставою для вибору теми статті і напрямів дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У країнах з розвинутою ринковою економікою приділяється велика увага теоретико-методологічним основам державного регулювання агропромислових підприємств. Вагомий внесок у дослідження цього питання зробили такі зарубіжні вчені, як: Дж.М. Кейнс, Н. Клімова [4], Г. Кушенов [5], Г. Мадієв [6], Д. Рікардо, К. Сагадієв [7], П. Самуельсон, А. Сміт, Ж.Б. Сей, А. Юданов [9] та інші. Певну значимість у розв'язанні специфічних проблем державного регулювання мають праці українських учених-економістів: В. Андрійчука, Л. Березіної [1], А. Босенка [2], П. Гайдучького, О. Горпинича [3], І. Лукінова, В. Месель-Веселяка, Н. Прокopenка, П. Саблука, О. Сокол, Н. Трусової [8], В. Юрчишина та ін. Однак, враховуючи коло вищезазначених проблем, в Україні зазначене питання потребує більш глибокого дослідження.

**Метою статті** є дослідження світового досвіду державного регулювання агропромислових підприємств і надання рекомендацій щодо доцільності його застосування в Україні в умовах ринкової економіки.

**Виклад основних результатів дослідження.** Досвід країн світу переконливо засвідчує, що в умовах ринкової економіки ефективність агропромислових підприємств значною мірою зумовлена державним регулюванням, що являє собою один із головних важелів підвищення їх конкурентоспроможності та здійснюється через заходи державної підтримки за допомогою інструментів прямого і непрямого державного субсидування: компенсаційних виплат, відшкодування збитків від стихійних лих, регулювання цін на сільськогосподарську продукцію, встановлення квот і тарифів, сприяння розвитку ринку і створенню фермерських об'єднань тощо (рис).

Система державного регулювання цін практично у всіх країнах з розвинутою ринковою економікою передбачає:

- встановлення верхніх і нижніх меж коливання цін та індикативної або умовної ціни, яку прагне підтримувати держава;

- скуповування чи продаж нешвидкокопсувної продукції з метою товарної інтервенції та підтримання бажаного рівня цін.

Так, наприклад, у США використовуються такі види цін:

- цільові або гарантовані ціни, що застосовуються для найбільш важливих видів сільськогосподарської продукції. При цьому рівень цільових цін розраховується таким чином, щоб вони гарантували підприємствам із низьким і середнім рівнями витрат рівень доходу, достатній для здійснення самофінансування розширеного відтворення;

- заставні ціни, що являють собою нижню межу гарантованих цін на сільськогосподарську продукцію. Така ціна використовується в тому випадку, якщо ринкові ціни є нижчими, ніж заставна ціна.

Згідно з основними положеннями Сільськогосподарського закону від 1985 р., американські сільськогосподарські виробники мають право продавати свою продукцію на вільному ринку, реалізовувати за контрактами, зберігати безпосередньо в господарстві, здавати під заставу в товарно-кредитну корпорацію. Закладена продукція може бути викуплена виробником протягом 9 місяців. В іншому випадку вона переходить у власність товарно-кредитної корпорації, а підприємство одержує грошову компенсацію за заставною ціною з відрахуванням витрат за зберігання продукції.



**Рис. Інструменти державного регулювання агропромислових підприємств у зарубіжних країнах, складено автором на основі [2]**

Якщо протягом обумовленого часу світові ціни виявляться нижчими, ніж заставна ставка, то суб'єкти господарювання можуть викупити здану продукцію за цінами світового ринку. Як наслідок, вони отримують чистий прибуток, який утворюється за рахунок різниці між заставною ставкою і ціною світового ринку [9, с. 76].

В аграрному секторі Швеції регулюванням цін займається Національний комітет зі збуту сільськогосподарської продукції на основі встановлення цін, гарантованих державою. Захист агропромислових підприємств здійснюється за допомогою митних зборів від надмірного імпорту та субсидій при експорті вітчизняної продукції. Аналогічні системи державного регулювання цін на продукцію сільського господарства результативно діють у Норвегії, Данії, Швейцарії, Італії, Японії та в інших країнах. Наприклад, в Італії держава встановлює ціни на основні види товарів і послуг: енергоносії, добрива, продовольчі товари (хліб, молоко, масло, м'ясо, сіль, цукор); в Японії — на рис, пшеницю, м'ясо і молочні продукти. Державне регулювання цін у рамках ЄС охоплює близько 90% сільськогосподарської продукції. При цьому урядові органи країн ЄС здійснюють моніторинг за витратами виробництва та дотримуються двох важливих правил:

- продукція, що ввозиться, може продаватися за ціною, яка встановлюється на аналогічну продукцію власного виробництва;
- країна, що експортує в країни ЄС свою продукцію, на митниці повинна сплатити в бюджет ЄС, зокрема в бюджет країни, що імпортує продукцію, різницю між граничною ціною і ціною світового ринку. Цю різницю називають виплатою за угоду.

Одним із факторів, що забезпечують успішне функціонування агропромислових підприємств за кордоном, є «щадний» податковий режим.

Залежно від структури податків всі країни ОЕСР поділяють на три групи, сутність яких полягає в наданні податкових пільг дрібним виробникам з низьким рівнем доходу. До першої групи платників податків відносяться агропромислові підприємства, середній дохід яких за останні два роки не перевищував 500 тис. євро. Вони виплачують сукупний податок. Залежно від виробничої спеціалізації стягується стандартний податок з 1 га землі. При розрахунку податкової ставки за основу приймається не реальний дохід, а кадастровий, який одержаний з експлуатації середнього типу ділянки. Суб'єкти даної групи не зобов'язані вести ніякої бухгалтерії. У другу групу платників податків включають підприємства, середній дохід яких за останні два роки коливався в межах від 500 тис. євро до 1000 тис. євро. Для них передбачена спрощена схема сплати податку. Суб'єкти, що віддають перевагу спрощеним режимам сплати податків, можуть вступати в місцеві центри управління сільським господарством і отримувати до 20% знижки з оподаткованого податком доходу. До третьої групи платників податків відносять підприємства, середній дохід яких за останні два роки перевищує 1000 тис. євро. На них поширюється нормальний режим оподаткування. Підприємства зобов'язані подавати в податкову інспекцію документацію, яка підтверджує їхні доходи, витрати і рух запасів.

Крім того, існують різні податкові пільги по сплаті земельного податку. Законодавство Великої Британії, Голландії, Швеції не стягує податок з

сільськогосподарських земель і будівель, які розташовані на них. У Канаді вартість землі оцінюється за вартістю її реального використання, що призводить до заниження вартості землі, а в результаті — до зменшення оподаткованої бази. В Італії вартість землі включається до прибуткового податку і визначається на основі кадастрового доходу, який значно нижчий за реальний дохід із землі. У США при укладенні контракту між адміністрацією штату і землевласником про використання землі на певний період часу землевласник може розраховувати на пільгове оподаткування.

Пільговий режим сплати ПДВ передбачає:

- спеціальний пільговий режим для дрібних ферм (Франція, Італія);
- більш низьку ставку ПДВ або звільнення ряду товарів від нього;
- нарахування ПДВ з загальної суми обороту (країни ЄС);
- запровадження таких ставок на купівлю та продаж, при яких сума сплаченого податку повністю покривається сумою нарахованого податку.

Це призводить до того, що агропромислові підприємства фактично нічого не перераховують у бюджет. Таким чином, податкова політика в АПК у зарубіжних країнах використовує весь арсенал прямих і непрямих податків, а також режимів оподаткування. Різноманітність застосовуваних податків дає змогу регулювати різні сторони аграрного виробництва, його розвиток і підвищення конкурентоспроможності. Очевидно, що збереження і подальший розвиток пільгового оподаткування в поєднанні з іншими видами державної підтримки має сприяти розвитку агропромислових підприємств, забезпеченню їх фінансовими ресурсами для розширеного відтворення і зміцнення [6, с. 118].

Не менш важливим важелем державного регулювання агропромислових підприємств в економічно розвинених країнах є сільськогосподарський кредит. Світовий досвід підтверджує, що найбільш високу ефективність забезпечує багатосуб'єктна кредитна система.

У практиці банків, асоціацій та інших кредитних установ зарубіжних країн використовуються такі основні відсоткові ставки: змінна, фіксована, змінна з фіксованим терміном. Регульований розмір відсотка коригується залежно від умов на фінансовому ринку. При фіксованій ставці виплачується відсоток з урахуванням рівня інфляції. Змінна ставка з фіксованим строком застосовується при довгостроковому кредитуванні, коли на кожному етапі кредитування (1—3—5 р.) діє своя відсоткова ставка.

У США найбільші пільги в розмірі 1% терміном на 35—50 рр. надаються агропромисловим підприємствам з низьким рівнем доходу. Підприємства, які постраждали від стихійного лиха, можуть отримати кредит на купівлю техніки й обладнання, поповнення стада, кормів, насіння та добрива, на погашення боргів по рухомому майну за пільговою відсотковою ставкою (4—4,5%). При банківському фінансуванні оборотного капіталу величина відсоткової ставки коливається від 1 до 19%. У Великій Британії в основному видається кредит зі ставкою 12%; в Нідерландах — 5,7%; у Німеччині — 6—8,5%. У Франції відсоткові ставки залежать від терміну дії позички, її категорії і встановлюються в межах 8—10%. При цьому банками фінансується не більше 80% накопичень. Суб'єкти господарювання на пільгових умовах отримують позики на купівлю техніки, обладнання, кормів, насіння, добрив, поповнення

стада, погашення боргів по рухомому майну. Підприємствам, які отримують кредит у різних кредитних організаціях, виплачуються компенсаційні платежі у розмірі 4% кредитних ресурсів. Крім того, державна підтримка агропромислових підприємств здійснюється через системи заставних ставок і цільових цін [7, с. 40].

Зарубіжний досвід розвинених країн наочно демонструє, що кредитні відносини в розвитку агропромислових підприємств України вимагають термінового перегляду. На наш погляд, їх слід формувати з урахуванням особливостей сільськогосподарського виробництва країни. Наприклад, зниження відсоткової ставки і градація пільгових ставок для товаровиробників надає можливість підсилити приплив фінансових коштів у сферу, що призведе до подальшого зростання виробництва. У той же час необхідна організація контролю над використанням кредитних коштів. Контроль над роботою фінансово-кредитних організацій, які забезпечують пільгове кредитування агропромислових підприємств, відповідно до досвіду США, повинно здійснювати Міністерство аграрної політики та продовольства України. У процесі надання суб'єктам господарювання в АПК державної допомоги і підтримки поряд з кредитуванням виробників важливе значення набуває розвиток системи страхування.

Найбільшою мірою страхові послуги розвинені в США, де частка ринку досягає майже половини від обсягу послуг. За ними йдуть Японія (11,25%), Німеччина (1,19%) і Велика Британія (5,93%) [5, с. 40].

В Іспанії при Міністерстві сільського господарства створена державна установа сільськогосподарського страхування. Міністерство сільського господарства і Міністерство фінансів визначають порядок відшкодування агропромисловим підприємствам частини страхових внесків, відсоток податку та загальну суму допомоги. У Франції Національний гарантований фонд відшкодовує втрати тим суб'єктам господарювання в АПК, у яких вони перевищують 27% по окремим культурам і 14% усієї продукції. Половина коштів цього фонду формується за рахунок страхових внесків товаровиробників. Міністерство фінансів встановлює розміри субсидіювання страхових внесків, що сплачуються фермерами. Державна підтримка агропромислових підприємств здійснюється за допомогою національного агентства без залучення страхових компаній. При страхуванні урожаю 50% внесків вносить товаровиробник, 25% — провінційний уряд і 25% — державний бюджет.

Підхід економічно розвинутих країн до вирішення проблем інвестування агропромислових підприємств неоднозначний. Наприклад, у Китаї кошти для їх інвестування надходять з чотирьох джерел: кредити, які виділяються державою; кошти колективних господарських організацій на селі; кошти, що надходять від селянських дворів; кошти банків. Держава зобов'язує місцеві уряди збільшувати капіталовкладення в агропромислові підприємства, асигнувати кошти на впровадження досягнень агротехніки. У Законі КНР «Про сільське господарство» визначені джерела капіталовкладень, механізм їх здійснення, порядок підготовки фахівців і використання досягнень агротехнічної науки. За останні 20 років уряд Китаю забезпечив надходження в аграрну економіку країни 18 млрд дол. США іноземних інвестицій. До почат-



ку другого тисячоліття в КНР налічувалося 9 тис. аграрних проектів, фінансованих іноземними інвесторами.

Також у зарубіжних країнах для забезпечення ефективної діяльності агропромислових підприємств функціонують лізингові кооперативи. Частка витрат на них у загальних обсягах капітальних вкладень у машини й обладнання в США становлять 30%, у Великій Британії, Франції, Швеції, Іспанії — 17%, в Японії — 10—15%, в Австрії, Данії і Норвегії — 8—10%.

### **Висновки**

Отже, вивчення досвіду економічно розвинених країн щодо державного регулювання агропромислових підприємств дає змогу зробити такі висновки:

- розміри їх державної підтримки залишаються досить високими протягом багатьох років, коливаючись у межах 30—70% від вартості продукції. При цьому проводиться регулярний моніторинг за витратами виробництва;

- загальноєвропейська політика щодо аграрного сектору економіки спрямована на субсидування вартості виробленої продукції та експорту надлишкової продукції, чітку організацію ринків збуту, підтримання високих фіксованих внутрішніх цін і доходів, допомогу в реалізації надлишків продукції;

- різноманітність застосовуваних податків надає можливість регулювати розвиток і підвищення їх конкурентоспроможності, застосовувані режими оподаткування залежать від рівня доходу суб'єктів господарювання, тобто зі зменшенням доходів знижується і податкова ставка;

- агропромисловим підприємствам надаються позички на пільгових умовах. При цьому в різних країнах відсоткова ставка коливається від 6 до 12%;

- державне страхування передбачає компенсацію матеріальних витрат, покриття збитків, надання ефективної фінансової допомоги у відновленні нормальної виробничої діяльності господарств;

- значну роль відіграють лізингові кооперативи; в різних країнах у загальному обсязі витрат на технічне переозброєння витрати на лізингові операції становлять 10—30%.

Упровадження такого комплексу заходів в Україні призведе до:

- вироблення оптимальної цінової, податкової, кредитної й митної політики, виробничого підходу в державній підтримці агропромислових підприємств;

- високої фінансової ефективності роботи, фінансової стійкості та незалежності;

- технологічної незалежності та досягнення високої конкурентоспроможності їх технічного потенціалу;

- високої ефективності менеджменту, оптимальної та ефективної організаційної структури тощо.

### **Література**

1. Березіна Л.М. Світовий досвід державного регулювання апк: уроки для України / Л.М. Березіна // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Економічні науки. — 2011. — Т. 1., № 16. — С. 173—183.

2. Босенко А.В. Стратегія державного регулювання агропромислового комплексу / А.В. Босенко // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Економіка». — 2011. — Вип. 5(4). — С. 17—24.
3. Горпинич О.В. Застосування зарубіжного досвіду в державному регулюванні економіки апк в Україні / О.В. Горпинич // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. — 2014. — № 3(27). — С. 31—35.
4. Климова Н.В. Особенности регулирующего воздействия государства на агробизнес в зарубежных странах / Н.В. Климова // Научный журнал КубГАУ. — 2013. — № 90(06). — С. 679 — 696.
5. Кушенов Г. Японский менеджмент и теория международной конкурентоспособности / Г. Кушенов. — Москва : Экономика, 2000. — С. 14.
6. Мадиев Г. Методологические основы формирования и функционирования конкурентоспособных сельхозформирований / Г. Мадиев // Проблемы агорынка. — 2012. — № 7. — С. 41—42.
7. Сагадиев К. Проблемы конкурентоспособности национальной экономики / К. Сагадиев // Саясат. — 2002. — № 12. — С. 79, 104.
8. Трусова Н.В. Світовий досвід державної підтримки розвитку сільськогосподарського виробництва / Н.В. Трусова // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). — 2013. — № 4 (24). — С. 235—239.
9. Юданов А. Конкуренция: теория и практика / А. Юданов. — Москва : Тандем, 2006. — С. 272.

## **МИРОВОЙ ОПЫТ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**А.С. Пенчук**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследован мировой опыт государственного регулирования агропромышленных предприятий. Выявлено, что регулирование осуществляется через меры их государственной поддержки путем прямого и косвенного государственного субсидирования. Для этого используются такие типы субсидирования, как компенсационные выплаты, возмещение убытков от стихийных бедствий, государственное регулирование цен на сельскохозяйственную продукцию, установление квот и тарифов, содействие развитию рынка и созданию фермерских объединений. На основе проведенного исследования современных методов государственного регулирования агропромышленных предприятий даны рекомендации по целесообразности применения такого опыта в Украине.*

**Ключевые слова:** государственное регулирование, субсидирование, компенсационные выплаты, квоты, ценообразование.

УДК 338.48+640.41

## THE ISSUE OF THE PROFESSIONAL TRAINING OF GUIDES AND EVENT STAFF IN TOURISM

T. Sokol

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Guide  
Guide-interpreter  
Professional training  
Basic and professional  
competentions*

**Article history:**

Received 16.01.2017  
Received in revised form  
24.01.2017  
Accepted 13.02.2017

**Corresponding author:**

T. Sokol  
**E-mail:**  
tgsspectour@gmail.com

---

**ABSTRACT**

This article reveals the problem of defining the contents of the job as a guide and guide-interpreter as the main subjects of information and excursion activity in tourism, through which one of the major functions of tourism (the socio-cultural one) is realized. The differences and similarities of guide's and guide-interpreter's job are revealed. Their professionalism is based on personality qualities but it is achieved as a result of specialized learning on the basis of competention method. The following methods were used in this study: the analysis and systematization of the basic and professional competences; analysis and synthesis of the relevant literature; reflexion on personal experience.

## ДО ПИТАННЯ ПРО ФАХОВУ ПІДГОТОВКУ ЕКСКУРСІЙНО-АНІМАЦІЙНИХ КАДРІВ У ТУРИЗМІ

Т.Г. Сокол

Національний університет харчових технологій

*Стаття присвячена проблемам визначення сутності та змісту роботи екскурсоводів і гідів-перекладачів як головних суб'єктів інформаційно-екскурсійної діяльності в туризмі, через яку реалізується одна з важливих соціальних функцій туризму — соціокультурна. Вперше визначено відмінні та спільні риси в роботі екскурсоводів, гідів-перекладачів та аніматорів, майстерність яких базується на особистісних якостях, але остаточно досягається в результаті цілеспрямованого навчання та професійної підготовки на основі компетентнісного підходу. Дослідження базується на використанні таких методів, як аналіз і систематизація базових та професійних компетентностей, аналіз і узагальнення літературних джерел, рефлексія власного досвіду.*

**Ключові слова:** екскурсовод, гід-перекладач, професійна підготовка, базові і професійні компетентності.

**Постановка проблеми.** Значення туризму як сфери людського пізнання важко переоцінити. У той же час саме пізнавальний мотив був одним із найдавніших і наймогутніших стимулів подорожей і туризму, сприяв його

становленню і розвитку. Пізнавальна цінність туризму є підґрунтям таких його важливих функцій в суспільстві, як політична, соціокультурна, виховна і реалізується через екскурсійну діяльність.

Головним суб'єктом екскурсійної діяльності є особа екскурсовода (гіда-перекладача). Згідно із Законом України «Про туризм», гіди-перекладачі, екскурсоводи — це фахівці туристичного супроводу — фізичні особи, які проводять діяльність, пов'язану з туристичним супроводом [1]. Від екскурсовода великою мірою залежить ефективність екскурсії, він є не тільки інформатором, але й коментатором, співбесідником, порадиником, організатором. Завдання екскурсовода полягає в тому, щоб активізувати як сам об'єкт, примусити його «заговорити», так і екскурсантів, організувати їх на спостереження та дослідження об'єкта. Крім того, він «задає настрій» екскурсантам, виступаючи в ролі емоційного лідера.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми професійної підготовки екскурсоводів, питання теорії екскурсійної справи та курсової підготовки екскурсоводів досліджували науковці радянської екскурсійної школи (Б. Ємельянов, Г. Долженко, Р. Дьякова, В. Квартальнов, Г. Науменко). В незалежній Україні питання екскурсійної методики та організації екскурсійної діяльності висвітлені у працях І. Чегайди, С. Грибанової, В. Бабарицької, А. Короткової, О. Карлоп.

Однак належного системного підходу до вирішення проблеми підготовки кадрів екскурсоводів (гідів-перекладачів) та аніматорів на основі компетентнісного підходу досі не вироблено.

**Мета статті:** визначення фахових компетентностей як бази професійної підготовки екскурсовода, гіда-перекладача і аніматора для впровадження відповідної спеціалізації у вищій школі.

**Викладення основних результатів дослідження.** Фахові компетентності екскурсовода та гіда-перекладача мають відмінності, обумовлені функціями, які вони покликані виконувати. Головна функція екскурсовода — вести інформаційну роботу з туристами. У гіда-перекладача до основних функцій додаються здійснення перекладу, а також забезпечення надання підприємствами обслуговування придбаного туристами комплексу послуг обумовленого асортименту та якості. Власне, гід-перекладач виступає посередником між туристичною фірмою, туристами та підприємствами обслуговування і виконує двоєдине завдання: забезпечує прибуток фірмі та якісне надання послуг. Таким чином, гід-перекладач поєднує функції екскурсовода, перекладача й груповода [2, с. 46].

Екскурсійна справа як важливий розділ просвітницької роботи серед населення має більш як столітню історію свого розвитку [3, с. 3]. В Україні екскурсійна справа зароджується в другій половині XVIII ст. як шкільні заняття на природі, ініціатором яких були педагоги-просвітники. На початку XX ст. екскурсії перетворились на популярну форму освітньої та наукової діяльності, з'явилися їх організовані форми, розширилася тематика, тому постало питання про забезпечення їх кваліфікованими кадрами екскурсоводів, яких почали готувати з числа викладачів.

У радянські часи туризм розвивався переважно в рамках трьох монопольних організацій: «Інтуриста», «Супутника» та Центральна рада з туризму та екскур-

сій (ЦРТЕ) ВЦРПС через їх структури в Україні, в кожній з яких існувала своя система підготовки екскурсоводів і гідів-перекладачів. Можна цілком упевнено стверджувати, що в системі у цей час було створено одну з найсильніших у світі екскурсійних шкіл: багатющий екскурсійний матеріал, що охоплював близько 17 тис. тем, розгалужена мережа екскурсійних бюро, де працювало близько 40 тис. екскурсоводів, багато з яких були унікальними майстрами своєї справи. Було розроблено вітчизняну теорію та методіку екскурсійної справи, накопичено великий практичний досвід. Так, тільки в УРСР у 80-ті рр. XX ст. працювали 154 екскурсійних бюро, екскурсії охоплювали 3 тис. тем, у них брало участь близько 50 млн осіб щороку [4, с. 242]. Серйозну роботу з підготовки гідів-перекладачів здійснювали «Інтурист» і БММТ «Супутник» у рамках курсової підготовки спеціалістів на базі вищої мовної освіти.

Але в радянські часи в Україні інформаційно-екскурсійна робота була спрямована переважно на виконання ідеологічних завдань і пріоритетів державної політики, що і складало основу підготовки екскурсійних кадрів. Нині екскурсійна справа стає одним із рушіїв становлення незалежної України, її самоствердження, ідентифікації, відродження історичної пам'яті народу. Відроджується інтерес до екскурсій, зокрема краєзнавчих, за тематикою сучасної історії, з'являються і поширюються нові інноваційні форми їх проведення, підвищується інтерес до професії екскурсовода, іде приплив нових молодих кадрів. Все це висуває нагальну потребу професійної підготовки кадрів екскурсоводів і гідів-перекладачів на новій компетентнісній основі.

Професія екскурсовода (гіда-перекладача) вимагає не тільки ґрунтовних знань широкого спектра, але й досконалого володіння методикою їх викладення, іноземною мовою та мовною культурою, основами психології, логіки, педагогічної майстерності тощо. Все це свідчить, що професійна підготовка екскурсоводів (гідів-перекладачів) має здійснюватися в рамках вищої школи, зокрема у ВНЗ туристичного профілю, і повинна починатися з розробки базових компетентностей, визначення змісту та методик навчання фахівців даного напрямку. Нині екскурсійно-інформаційна діяльність у туризмі зазнає трансформацій, набуває комбінаторного характеру, з'являються інноваційні форми проведення екскурсій, такі як екскурсії з дегустаціями, відвіданням закладів ресторанного господарства, екскурсії-спектаклі, екскурсії у поєднанні з розважальними заходами, з елементами екстриму та інтерактиву, що вимагає формування в процесі професійної підготовки фахівців інформаційно-екскурсійної діяльності компетентностей організаторів культурного дозвілля — аніматорів. Головним завданням аніматорів є організація послуг із забезпечення потреб туристів і рекреантів у змістовних формах відпочинку, що, у свою чергу, вимагає наявності в них певних знань, вмінь і навичок, притаманних професіям екскурсовода й гіда-перекладача. Тому доцільним є впровадження у професійну підготовку фахівців туристичної сфери напрямку 242 «Туризм» спеціалізації «Екскурсійна та анімаційна діяльність».

Компетентнісний підхід в освіті визначається як спрямованість освітнього процесу на формування й розвиток ключових (базових, основних) і предметних компетентностей особистості, результатом якого є сформованість

загальної компетентності людини як сукупності ключових компетентностей, інтегрованої характеристики особистості [5, с. 66].

Вчені-дослідники тлумачать компетентність як реальну здатність до досягнення глобальної мети (В.К. Федорченко) або особливий тип організації знань, що забезпечує можливість прийняття ефективних рішень, зокрема, і в екстремальних умовах (І.А. Зязюн). Професійна компетентність визначається дослідниками як професіоналізм особистості (А.К. Маркова); властивість особистості, яка дає змогу їй продуктивно вирішувати завдання (Н.В. Кузьміна); сукупність знань і вмінь, необхідних для професійної діяльності (С.У. Гончаренко); ступінь відповідності вимогам професії, сформованості професійних навичок, що дають змогу ефективно вирішувати професійні завдання (Т.І. Ткаченко, М.Г. Бойко); готовність на високому професійному рівні виконувати свої фахові та посадові обов'язки (Н.Л. Стешенко); інтегральна характеристика ділових та особистісних якостей спеціаліста, що відображує рівень знань, вмінь, досвіду, достатній для досягнення цілей професійної діяльності, а також соціально-моральну позицію особистості (В.А. Сластенін).

У триаді компетентність, компетенція, кваліфікація ключовою детермінантою є поняття компетентності. Саме компетентність, на думку деяких вчених, повинна стати на сучасному етапі «головним освітнім конструктом моделі майбутнього фахівця» [6, с. 525].

Кафедрою спеціальних туристичних дисциплін Академії праці, соціальних відносин і туризму розроблено перелік фахових компетентностей екскурсовода, гίδα-перекладача, який планується покласти в основу підготовки фахівців за спеціалізацією «Екскурсійна та анімаційна діяльність». Перелік фахових компетенцій включає:

- розуміння технології організації туристичних подорожей і туристичного обслуговування (екскурсійного, рекреаційного, анімаційного, готельного, транспортного, ресторанного);
- розуміння основних тенденцій розвитку туризму в цілому та окремих його форм і видів на сучасному етапі;
- розуміння системи менеджменту і маркетингу в туризмі;
- здатність працювати в полікультурному середовищі;
- здатність до інформаційно-екскурсійної та культурно-дозвіллевої роботи з туристами, організації та здійснення туристичного супроводу;
- здатність до використання сучасних форм і креативного підходу до створення анімаційного й екскурсійного продукту;
- здатність до творчого підходу до цільової аудиторії, її активізації та залучення у рекреаційний процес;
- здатність здійснювати якісний переклад;
- здатність до участі в організації максимально продуктивної діяльності підприємства, забезпечення його конкурентоспроможної позиції на ринку послуг відповідно до вимог правового поля та визначених особистих операційних компетенцій;
- здатність до організації взаємодії та співпраці з організаторами й учасниками виробництва, реалізації та споживання туристсько-екскурсійного продукту на основі розуміння змісту договірної роботи й роботи з туристичною документацією;

- здатність оцінювати якісні і кількісні характеристики туристсько-екскурсійних та інфраструктурних ресурсів для їх оптимального використання в організації обслуговування туристів;

- здатність до розробки різних видів екскурсійних та анімаційних програм з урахуванням потреб цільових груп споживачів туристичних послуг;

- здатність визначати мотиви туристичних подорожей, споживчі характеристики анімаційних та екскурсійних послуг і методи їх просування на ринку;

- здатність до інновацій у сфері професійної діяльності.

На наш погляд, до вже наведених компетентностей варто додати також здатність до організації та проведення різних видів культурно-дозвіллевих заходів із туристами, організацію та здійснення анімаційної діяльності.

### **Висновки**

Отже, сучасна парадигма вищої професійної освіти вимагає перегляду напрямів підготовки фахівців, зокрема туристичної сфери, на засадах компетентнісного підходу, з урахуванням вимог практики туризму та визначення потреби у фахівцях певних напрямів, їх базових і предметних компетентностей.

### **Література**

1. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про туризм» Верховна Рада України; Закон від 18.11.2003 № 1282-ІУ (Редакція станом на 28.06.2015) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/lawz/shou/1282-15.

2. Сокол Т.Г. Проблеми професійної підготовки кадрів екскурсоводів і гідів-перекладачів для сфери туризму України / Т.Г. Сокол // Географія та туризм: наук. зб. / Ред.кол.: Я.Б.Олійник (відп. ред.) та ін. — Київ : Альфа-ПК, 2015. — Вип. 34. — С. 42—48.

3. Чагайда І.М. Екскурсознавство: навчальний посібник / І.М. Чагайда, С.В. Грибанова. — Київ : Вид-во ФПУ, 2004. — 240 с.

4. Сокол Т.Г. Характеристика структури туристичної галузі СРСР у 70—80-х рр. ХХ ст. / Т.Г. Сокол // Туристично-краєзнавчі дослідження. Вип. 1: Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Туризм в Україні: економіка та культура» (Свитязь, 9—10 вересня 1998 р.) — У двох частинах. — Київ : «КМ-Трейдінг», 1998. — Ч. 2. — С. 230—251.

5. Пометун О.І. Дискусія українських педагогів навколо питань запровадження компетентнісного підходу в українській освіті / О.І. Пометун // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: бібліотека освітньої політики: колективна монографія / під заг. ред. О.В. Овчарук. — Київ : «К.І.С.», 2004. — С. 66—72.

6. Самойленко П.В. Формування моделі фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» — випускника хіміко-біологічного факультету педагогічного університету / П.В. Самойленко, О.В. Білоус // Вища освіта України / Тематичний випуск «Вища освіта України в контексті інтеграції до європейського освітнього простору». В 5 т. Т. 5 (12). Додаток 3. — Київ, 2008. — С. 524—530.

## **К ВОПРОСУ О ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ЭКСКУРСИОННО-АНИМАЦИОННЫХ КАДРОВ В ТУРИЗМЕ**

**Т.Г. Сокол**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Статья посвящена проблемам определения сути и содержания работы экскурсоводов и гидов-переводчиков как главных субъектов информационно-экскурсионной деятельности в туризме, через которую реализуется одна из*

*важнейших социальных функций туризма — социокультурная. Впервые определены отличия и общие черты в работе экскурсоводов, гидов-переводчиков и аниматоров, мастерство которых базируется на основе личностных качеств, но окончательно достигается в результате целенаправленного обучения и профессиональной подготовки на базе компетентностного подхода. Исследование базируется на использовании таких методов, как анализ и систематизация базовых и профессиональных компетентностей, анализ и обобщение литературных источников, рефлексия собственного опыта.*

**Ключевые слова:** *экскурсовод, гид-переводчик, профессиональная подготовка, базовые и профессиональные компетентности.*



УДК 331.1

## **PERSONNEL RISK MANAGEMENT AS A WAY OF IMPROVING THE MECHANISM OF PERSONNEL MANAGEMENT**

**V. Moskalenko, J. Drobot**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Human resources management  
Risk  
Personnel  
Mechanism  
Management*

---

**Article history:**

Received 09.01.2017  
Received in revised form  
21.01.2017  
Accepted 14.02.2017

---

**Corresponding author:**

V. Moskalenko

**E-mail:**

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

---

**ABSTRACT**

The article highlights the importance of skilled risk management in today's business environment. The outputs of recent publications and unsolved issues related to the personnel risk management are generalized. The most significant personnel management risk is highlighted in the article. The role of a manager in the system of risk management is also presented in the article. The scope of work of human resource managers is outlined in order to create an effective mechanism of personnel management. The procedures for personnel risk management are described, including major management principles and recommended actions aimed at improving the mechanism of personnel management.

## **УПРАВЛІННЯ КАДРОВИМИ РИЗИКАМИ ЯК НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ**

**В.О. Москаленко, Ю.Ю. Дробот**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті висвітлено актуальність і значення кадрового ризик-менеджменту у сучасному бізнес-середовищі. Узагальнено результати останніх публікацій і визначено коло невирішених проблем, пов'язаних з управлінням кадровими ризиками. Виділено найвагоміші кадрові ризики. Висвітлено роль людини в системі ризик-менеджменту. Представлено напрями роботи менеджерів з персоналу з метою формування ефективного механізму управління персоналом. Відображено процедуру управління кадровими ризиками із зазначенням принципів управління та рекомендаційних дій, направлених на вдосконалення механізму управління персоналом.*

**Ключові слова:** *управління персоналом, ризик, кадри, механізм, управління.*

**Постановка проблеми.** В сучасному середовищі, що швидко змінюється, керівництво підприємств приділяє значну увагу питанням кадрового ризик-менеджменту. Тобто ефективність роботи підприємства залежить від здатності її керівництва здійснювати постійний контроль і облік різних внутріш-

ніх і зовнішніх факторів ризиків, що впливають на конкурентну позицію підприємства в ринковому середовищі. Роль людини є визначальною для успішної діяльності будь-якого підприємства. Ризики, пов'язані з діяльністю персоналу, є основними в процесі функціонування організації та її прагненні до розвитку й підвищення ефективності.

Відомо, що механізмом управління називається сукупність процедур прийняття управлінських рішень. У свою чергу, кадрові ризики — це небезпека втрати співробітників або зниження їх віддачі в результаті зниження вмотивованості персоналу [3].

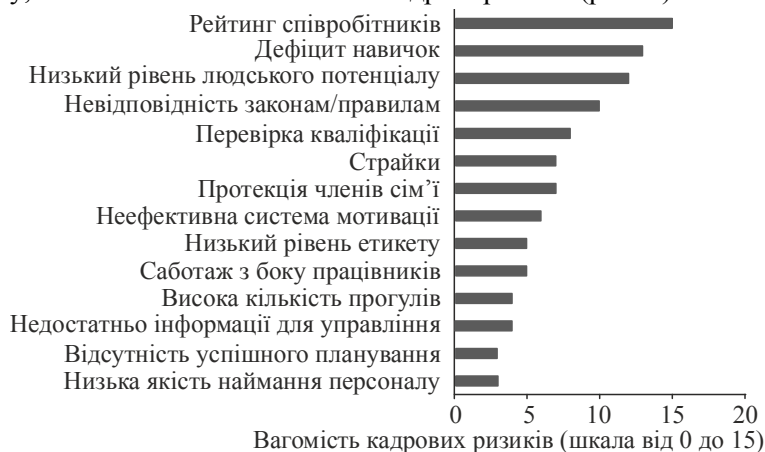
Також ризики в управлінні персоналом можна визначити як імовірність втрат, що виникають при вкладенні коштів у нові напрямки кадрової роботи. Відомо, що управління кадровими ризиками — це процес, який починається на етапі розробки стратегії управління персоналом і охоплює всю систему управління кадрами підприємства на всіх її рівнях [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вагомий внесок у розвиток теоретичних і методичних досліджень з управління кадровими ризиками внесли такі зарубіжні та вітчизняні вчені: Д. Анаракі-Ардакані [7], М. Мейєр [6], А. Митрофанова [3], А. Смагулов [4], О. Хитра [5], В. Кравченко [2] та інші. Майже всі вищезазначені науковці стверджують, що дослідження кадрових ризиків має велике практичне значення для ефективного функціонування сучасних підприємств. Вплив таких ризиків складно виміряти й оцінити, це є причиною відсутності єдиного підходу до визначення поняття і методів діагностики кадрових ризиків.

У свою чергу, не існує концептуальної моделі управління кадровими ризиками, яка б забезпечувала систематичні дії щодо менеджменту кадрових ризиків в організації.

**Метою статті** є врахування існуючого вітчизняного і світового досвіду в управлінні кадровими ризиками та розробка комплексного підходу до управлінських дій керівництва організації в напрямку менеджменту кадрових ризиків та удосконалення механізму управління персоналу.

**Виклад основних результатів дослідження.** Європейською організацією якості менеджменту було проведено дослідження серед 40 менеджерів з персоналу, які визначили найвагоміші кадрові ризики (рис. 1).



**Рис. 1.** Найвагоміші кадрові ризики за рейтингом [6]

Рис. 1 ілюструє, що рейтинг робітників є найбільшим ризиком для всіх менеджерів з персоналу, які були у фокус-групах при оцінюванні, на другому місці дефіцит ключових навичок у співробітників, на третьому — недостатній рівень лідерського потенціалу. Вищезазначене доводить значення людини в системі управління організацією взагалі та ризик-менеджменті зокрема.

Як уже зазначалось, людина й організація взаємопов'язані. Також розмір організації, культура й організаційна структура мають великий вплив на кадровий склад підприємства, тобто людина задіяна в усіх підсистемах системи управління персоналом (рис. 2).



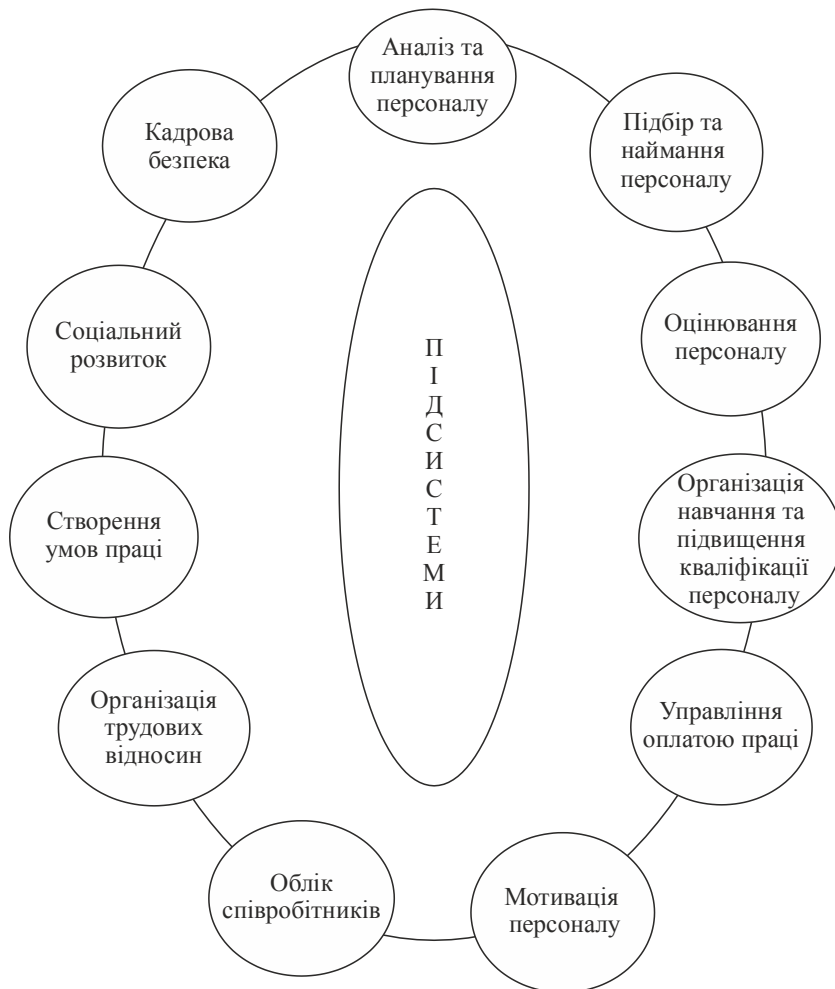
**Рис. 2. Людина в системі менеджменту персоналу**

Розмір організації формує організаційну структуру та культуру підприємства, які в подальшому є підґрунтям для впровадження системи лояльності, принципів командної роботи, стратегії, складових комунікаційного менеджменту, елементів лідерства, системи мотивації, поєднання яких і є, по суті, системою управління персоналом, яка безпосередньо визначає роль людини в системі ризик-менеджменту підприємства та політику розвитку мотивації й рекрутингу.

Отже, людські ресурси відіграють важливу роль у ризик-менеджменті. По-перше, людина (працівник) є джерелом ризику, наприклад, недостатня кількість співробітників на підприємстві, працівник, який відмовляється брати на себе відповідальність тощо. По-друге, люди відіграють ключову роль у процесі управління ризиками, а саме: використовують свою креативність і винахідливість, навички прийняття рішень та розв'язання конфліктів. Також людина відіграє важливе значення в процесі досягнення стратегічної цілі підприємства.

Сучасна система управління персоналом, яка склалась на провідних вітчизняних підприємствах під впливом запровадження прогресивних зару-

бізнесних технологій управління персоналом і використанні власного досвіду, включає підсистеми, наведені на рис. 3.



**Рис. 3. Складові системи управління персоналом**

Так, планування персоналу є складовою загального планування діяльності і розвитку підприємства, спрямованою на забезпечення пропорційного й динамічного розвитку персоналу. Воно передбачає визначення загальної і додаткової потреби в наступному періоді, а також розрахунок його кваліфікаційної структури. Другою складовою є підбір і наймання персоналу. Наймання на роботу — це ряд дій, спрямованих на залучення кандидатів, які володіють якостями, необхідними для досягнення цілей, поставлених організацією. Після найму й адаптації персоналу важливу роль відіграє оцінювання персоналу, оскільки оцінка є обов'язковим елементом системи контролю організації. Це неодмінна функція кожного керівника, а також працівників відділу кадрів. Без організації навчання та підвищення кваліфікації не існує

жодної системи управління, оскільки без цього персонал не буде достатньо кваліфікованим, а це може позначитися на діяльності підприємства в цілому.

Управління оплатою праці є одним із найважливіших елементів системи управління персоналом. Під системою оплати праці розуміють спосіб розрахунків розміру винагороди відповідно до затрат і результатів, її вибір залежить від особливостей організації, технологічного процесу, форм організації праці, вимог щодо якості продукції або роботи, стану нормування праці і облік і затрат. Наступною складовою системи управління персоналом, що потребує достатньої уваги, є мотивація. Будь-який керівник, що бажає домогтися високої продуктивності праці за допомогою ефективної діяльності своїх підлеглих, повинен подбати про наявність для них стимулів трудитися, тому головним завданням сучасного менеджменту є створення таких умов праці, при яких потенціал працівників буде використаний найкращим чином.

Необхідно звернути увагу і на облік співробітників на підприємстві, введення якого передбачає постійно враховувати нюанси Кодексу законів про працю України, трудового законодавства та нормативних актів, пов'язаних з кадровим обліком, і постійно відслідковувати законодавчі акти. Не менш важливе значення в системі управління персоналом займає створення умов праці для працівників, оскільки вони в основному являють собою виробниче середовище, в якому відбувається життєдіяльність людини під час праці. Від їхнього стану безпосередньо залежить рівень працездатності людини, результати її роботи, стан здоров'я, ставлення до праці. Безперечно, будь-яка система управління включає в себе і соціальний розвиток працівників, оскільки соціальний розвиток забезпечує визнання важливості і необхідності створення команди однодумців, інтереси учасників якої будуть безпосередньо пов'язані з інтересами компанії.

Механізм управління персоналом являє собою систему засобів і методів, спрямованих на задоволення потреби підприємства в робочій силі необхідної кількості, якості і до певного часу. Цілі управління досягаються шляхом реалізації певних принципів і методів (рис. 4).



**Рис. 4. Механізм управління персоналом**

П. Друкер вважає, що саме у сфері управління персоналом традиційні базові уявлення істотно суперечать реальності та є непродуктивними [6]. На думку вченого, існує єдиний правильний принцип управління персоналом — використання диференційованих підходів і стилів управління для різних груп працівників і навіть окремих працівників у різних ситуаціях.

На нашу думку, людські ресурси повинні підтримуватися, бути визнані та прийняті як підтримка загальної системи управління ризиками підприємства. Саме такий підхід зумовлює розгляд структуру процесу управління оцінкою кадрових ризиків (рис. 5.).



**Рис. 5. Схема процесу управління кадровими ризиками**

Розробка та впровадження процедури менеджменту оцінки кадрових ризиків має на меті впровадження розробка комплексного підходу щодо дій керівництва організації в напрямку менеджменту кадрових ризиків, а саме: окреслення основних напрямків кадрової роботи з метою вдосконалення механізму управління персоналом.

Також важливим є залучення практикуючих менеджерів-практиків з персоналу в діяльність підприємства, що пов'язане з:

- формуванням системи управління ризиком як невід’ємною частиною організаційних процесів, включаючи процеси управління змінами;
- урахуванням людських і культурних чинників, більш конкретно розпізнавати можливості, уявлення і наміри новачків і вже працюючих співробітників, що може сприяти досягненню цілей організації;
- підтримки менеджерів різних рівнів управління у напрямку культури підприємства та загальної політики управління ризиками.
- забезпеченням правової та нормативної відповідності в рамках діяльності суб’єкта господарювання;
- впровадженням проектно-ціннісного підходу до управління командами проекту;
- забезпеченням здатності ефективного управління ризиками (підготовка і навчання працівників, розробка та впровадження ефективних матеріальних і нематеріальних систем мотивації, підготовка стандартів, розпорядчих документів, правил, політик, процедур у напрямку управління ризиками).

Отже, працівникам відділів персоналу необхідно прийняти систему ідентифікації, оцінки та управління кадровими ризиками як концептуальні напрямки для систематичної розробки і планування дій з управління кадровими ризиками зокрема та удосконалення механізму управління персоналом взагалі.

Усі вищезазначені дії повинні бути регламентовані (табл.).

*Таблиця. Рекомендовані дії менеджерів, розроблено авторами на основі [6]*

Елемент управління	Принцип управління	Рекомендовані дії (обов’язкові прийняті рішення)	Дії HR
1	2	3	4
Оцінювання ризику	Керівництво має забезпечити проведення оцінювання ризиків на постійній основі	1. Керівництво повинно забезпечити ефективне і неперервне виконання оцінювання ризиків. 2. Компанія має класифікувати та ранжувати ризики	1. HR повинен залучати працівників до ідентифікації етичних ризиків. 2. HR повинен забезпечити задіяність працівників як ключових стейкхолдерів у процесі управління кадровими ризиками
Відповідальність менеджерів за управління ризиками	Керівництво має делегувати роботу менеджерам з персоналу, направлену на впровадження та моніторинг плану управління ризиками	1. Менеджери повинні реалізувати управлінську стратегію через процеси управління ризиками. 2. Менеджери несуть відповідальність за інтеграцію ризиків у щоденну діяльність компанії.	1. HR повинен реалізовувати стратегію управління кадровими ризиками підприємства

1	2	3	4
Відповідальність керівництва за управління ризиками	<p>Керівництво повинне відповідати за управління ризиками</p> <p>Керівництво повинне визначати рівень толерантності до ризику</p> <p>Ревізійна комісія має розділяти з директором відповідальність за процес управління кадровими ризиками</p>	<p>1. Керівництво має розробити план процесу управління ризиками (створення ревізійної комісії, розроблення положень, рекомендацій, процедур).</p> <p>2. Керівництво має поширити політику управління ризиками на всі рівні управління компанією.</p> <p>1. Керівництво повинне встановлювати рівні толерантності до кадрових ризиків раз на рік.</p> <p>2. Директор має визначити відповідальність ревізійної комісії в напрямку управління кадровими ризиками.</p> <p>3. Директор має оцінювати продуктивність ревізійної комісії раз на рік.</p>	<p>1. HR має ідентифікувати ризики в управлінні персоналом і донести їх до менеджерів та/або до комітету ризиків.</p> <p>2. Необхідно проводити тренінги з управління ризиками для менеджерів та іншого персоналу.</p> <p>3. HR повинен проводити моніторинг процесу виконання плану з регулювання ризиків.</p> <p>4. HR повинен забезпечити, щоб політика управління ризиками стосувалася ідентифікованих кадрових ризиків і була дієвою.</p>

Також спеціалісти з персоналу повинні мати змогу підвищувати цінність організації шляхом усунення ризиків за допомогою впровадження вищезазначених напрямків у щоденній діяльності. На нашу думку, керівництву підприємства будь-якого сектору економіки не слід усувати всі кадрові ризики, потрібно активно намагатися використовувати їх та управляти ними. Існує думка, що ефективне управління ризиками — це міцний актив підприємства, який забезпечує конкурентну перевагу та підвищує цінність підприємства, надаючи можливість досягнення поставлених цілей.

### **Висновки**

Використання бізнес-орієнтованого підходу до удосконалення механізму управління персоналом буде сприяти ефективному функціонуванню суб'єктів господарювання. Якісне та вчасне виконання всіх принципів, дій призведе до зниження плинності кадрів, підвищення рівня трудової дисципліни, прозорості відносин серед співробітників. Розроблення та впровадження інструкцій і процедур дасть змогу залучити весь персонал підприємства до процесу управління кадровими ризиками на всіх стадіях життєвого циклу підприємства, що, у свою чергу, призведе до культури управління ризиками в критичних ситуація та до стратегічного управління кадровими ризиками.

### **Література**

1. Горбачова І. Управління кадровими ризиками в умовах ринку / І. Горбачова // Україна: аспекти праці. — 2014. — № 8. — С. 37—42 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/4727>.



2. Кравченко В.О. Кадрові ризики в системі управління персоналом організації / В.О. Кравченко // Економіка і Фінанси. — 2016. — № 3. — С. 15—23 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://goo.gl/dXhptW>.

3. Митрофанова О.Є. Концепція управління кадровими ризиками в роботі с персоналом організації/ О.Є.Митрофанова // Компетентность. — 2013. — № 3. — 40 с.

4. Смагулов А.М. Риски управления персоналом / А.М. Смагулов // Экономика образования. — 2013. — № 4. — С. 139—142.

5. Хитра О.В. Поняття, фактори і наслідки кадрових ризиків на підприємстві / О.В. Хитра, Л.М. Андрушко // Вісник соціально-економічних досліджень. — 2013. — № 1(48). — 164 с.

6. Anaraki-Ardakani D., Ganjali A. Human Resource Risk Management [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ashm-journal.com/test/vol2-6/18.pdf>.

7. Meyer M., Roodt G., & Robbins, M. (2011). Human resources risk management: Governing people risks for improved performance. SA Journal of Human Resource Management/SA Tydskrif vir Menslikehulpbronbestuur, 9(1), Art. # 366, 12 pages. doi:10.4102/sajhrm.v9i1.366 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [file:///C:/Users/Viktoriiia/Downloads/366-3202-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Viktoriiia/Downloads/366-3202-1-PB%20(1).pdf).

## **УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВЫМИ РИСКАМИ КАК НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ**

**В.А. Москаленко, Ю.Ю. Дробот**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье определена актуальность и значение кадрового риск-менеджмента для современной бизнес-среды. Обобщены результаты последних публикаций и очерчен круг нерешенных проблем, связанных с управлением кадровыми рисками, также выделены наиболее значимые кадровые риски. Проведенные исследования позволили определить роль человека в системе риск-менеджмента. Представлены направления работы менеджеров по персоналу с целью формирования эффективного механизма управления персоналом. Отражена процедура управления кадровыми рисками с указанием принципов управления и рекомендательных действий, направленных на совершенствование механизма управления персоналом.*

**Ключевые слова:** *управление персоналом, риск, кадры, механизм, управления.*

## ACCOUNTING MANAGEMENT IN THE ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEM

O. Kazakov, V. Kazakova

National University of Food Technologies

---

<b>Key words:</b> <i>Accounting</i> <i>Managerial accounting</i> <i>Accounting management</i>	<b>ABSTRACT</b>
<b>Article history:</b> Received 16.01.2017 Received in revised form 01.02.2017 Accepted 18.02.2017	The article covers the problem of defining the notion of the accounting management within the management system of an enterprise. A comparative analysis of the concepts of accounting management and managerial accounting was conducted; their interdependence and comparability were analyzed. The translation of the term “accounting management” to the Ukrainian language was specified. The scheme of conformity of the investigated concepts was presented. The authors offer an interpretation of the accounting management in the context of current management needs of an enterprise. The subsystem components forming the system of accounting management were elaborated (methodical, organizational and human components were supplemented by the communicational one). The need for further research of management accounting in the system of enterprise management was indicated.
<b>Corresponding author:</b> O. Kazakov	
<b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

---

## ЕКАУНТИНГ-МЕНЕДЖМЕНТ У СИСТЕМІ МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА

О.О. Казаков, В.І. Казакова

Національний університет харчових технологій

*У статті проведено порівняльний аналіз понять «екаунтинг-менеджмент», «управлінський облік», «бухгалтерський менеджмент», визначено їх взаємозалежність і порівнянність. Уточнено переклад поняття «accounting management» українською мовою. Розроблено схему відповідності досліджених понять. Запропоновано авторське тлумачення облікового менеджменту в контексті сучасних потреб управління на підприємстві. Доповнено складові підсистеми, що формують систему облікового менеджменту (методичну, організаційну і кадрову доповнено комунікаційною). Окреслено потребу подальших досліджень облікового менеджменту в складі системи управління на підприємстві.*

**Ключові слова:** облік, управлінський облік, екаунтинг-менеджмент, бухгалтерський менеджмент, обліковий менеджмент.

**Постановка проблеми.** З розвитком і трансформацією вітчизняної економіки дедалі значущими стають дослідження, що перебувають на стику кількох наукових напрямів: обліку, менеджменту, маркетингу, контролінгу, аналізу тощо. У зв'язку з цим потребує перегляду теорія та методологія багатьох наукових напрямів, також необхідна побудова підґрунтя для подальших прикладних розробок.

Сучасна економічна наука і практика активно поповнюється новими поняттями і визначеннями, серед яких, зокрема, поняття «екаунтінг-менеджмент». Дослідження вказують на наявність проблем як у трактуванні, так і у визначенні місця екаунтінг-менеджменту в системі менеджменту підприємства. Порівняно нове для вітчизняної економічної науки поняття є малодослідженим, а відтак практично не застосовується при побудові системи менеджменту сучасних підприємств. Це призводить до плутанини у поняттях, низького рівня розуміння потреб управління, відсутності практичного застосування новітніх наукових розробок у системі вітчизняного менеджменту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Екаунтінг-менеджмент розглядається переважно як різновид менеджменту, але дані дослідження не мають системного характеру. У вітчизняній економічній науці більшість робок присвячена проблемам теорії і практики управлінського обліку. Різні аспекти управлінського обліку висвітлені у працях вітчизняних вчених: П.Й. Атамаса, Ф.Ф. Бутинця, С.Ф. Голова, С.В. і Д.В. Карпенків, М.Ф. Огійчука, Г.О. Партина та ін.

Розв'язанню теоретичних і методичних питань бухгалтерського менеджменту присвячені наукові праці С.В. Калабухової.

Поняття «accounting management» та його застосування у практиці управління підприємствами досліджували науковці далекого зарубіжжя, зокрема: А.А. Аткінсон, К.С. Варрен, К. Друрі, Дж.Е. Дучак, С.М. Йонг, Р.С. Каплан, Е.М. Матсумура, М. Монгіелло, А.В. Ражагопалан, Дж.М. Рів, Д. Сігел, Р.К. Шекхар, Д. Шим та ін.

Вітчизняна і пострадянська економічна наука оперує низкою понять, зокрема: «управлінський облік», «екаунтінг-менеджмент», «бухгалтерський менеджмент». Вчені далекого зарубіжжя використовують термін «accounting management», але дотепер відсутні системні дослідження взаємозалежності та порівнянності наведених понять. Крім того, «екаунтінг-менеджмент» та «бухгалтерський менеджмент» досі достатньо не досліджені й не набули поширення у практиці вітчизняного менеджменту.

**Метою статті** є з'ясування змісту поняття «екаунтінг-менеджмент», визначення його відповідності поняттям «accounting management», «управлінський облік», «бухгалтерський менеджмент» і місця в системі управління вітчизняними підприємствами.

**Виклад основних результатів дослідження.** Екаунтінг-менеджмент — відносно нове поняття для вітчизняної економіки, що виникло шляхом транслітерації кирилицею англійського терміна «accounting management». Але українською мовою даний термін перекладають як «управлінський облік». На відміну від екаунтінг-менеджменту, термін «управлінський

облік» досить широко використовується в теорії і практиці як обліку, так і менеджменту.

Крім того, у вітчизняній економічній науці інколи використовується термін «бухгалтерський менеджмент», який також мало досліджений.

Серед перерахованих вище понять найбільш дослідженим є управлінський облік. Незважаючи на це, серед вітчизняних науковців дотепер не існує єдиної думки щодо його трактування.

С.Ф. Голов відмічає, що управлінський облік — це процес виявлення, вимірювання, накопичення, аналізу, підготовки, інтерпретації та передання інформації, що використовується управлінською ланкою для планування, оцінки й контролю всередині організації та забезпечення відповідного підзвітного використання ресурсів [1, с. 16].

Аналогічної думки дотримуються Г.О. Партин, А.Г. Загородній і А.І. Ясінська, доповнюючи поняття тим, що інформація використовується менеджерами різних рівнів управління підприємством для планування, оцінки, контролю й регулювання його діяльності та прийняття стратегічних, поточних і оперативних управлінських рішень [2, с. 12]. Варто зауважити, що автори дещо розширюють сферу використання інформації управлінського обліку.

Ф.Ф. Бутинець вважає, що управлінський облік спрямований на визначення й вивчення факторів, обставин та умов, що впливають на господарську діяльність підприємства. Його мета — надати інформацію для прийняття управлінських рішень і перевірити ефективність їх виконання. Це підсистема єдиного бухгалтерського обліку, що не регулюється законодавчо і становить комерційну таємницю підприємства. Управлінський облік орієнтується на внутрішніх користувачів та надає деталізовану інформацію, необхідну для оперативного управління підприємством, планування та контролю [3, с. 14].

На думку В.В. Сопка, управлінський облік є подальшим поглибленням, деталізацією даних бухгалтерського фінансового обліку в частині затрат і доходів діяльності. Його завдання полягає в тому, щоб з допомогою деталізації та предметно-цільової конкретизації розкрити відповідність або невідповідність затрат бізнес-плановим показникам [4, с. 483]. Аналогічної думки дотримується також Й.Я. Даньків, зазначаючи, що в рамках управлінського обліку виробничих суб'єктів господарювання детально обліковуються витрати і калькуюються собівартість видів продукції [5, с. 44]. Таким чином, управлінський облік переважно концентрується на інформації про витрати та їх калькулювання, хоча, на нашу думку, для прийняття управлінських рішень необхідно значно більше інформації про діяльність підприємства.

Погоджуємося з думкою С.В. і Д.В. Карпенків про те, що управлінський облік — це інтегруюча галузь економічних знань [6, с. 11]. Історичний досвід свідчить про те, що зміни в бізнесі й у подальшому будуть впливати на розвиток управлінського обліку, який нині закономірно є основою контролінгу [6, с. 16].

У ст. 1 Закону України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» № 996-XIV від 16.07.1997 використовується термін «внутрішньо-

господарський (управлінський) облік», що являє собою систему обробки та підготовки інформації про діяльність підприємства для внутрішніх користувачів у процесі управління підприємством [7]. Узагальнюючи наведені вище визначення і норми Закону вважаємо, що в обліковій науці й практиці доцільніше використовувати термін «внутрішньогосподарський облік» замість «управлінський облік», адже для потреб управління внутрішніми споживачами може використовуватися інформація й інших ланок господарського обліку на підприємстві: бухгалтерського (фінансового, податкового), оперативного, статистичного.

Класифікуючи менеджмент за функціональною ознакою, поняття «екаунтінг-менеджмент» переважно розглядається як його різновид. Разом з ним виокремлюють такі види менеджменту: виробничий, постачальницько-збутовий, інноваційний, маркетинг-менеджмент, менеджмент персоналу, фінансовий [8]. Група науковців виділяє також менеджмент якості, менеджмент постачання, міжнародний менеджмент, екологічний менеджмент [9].

Згідно з [8], екаунтінг-менеджмент займається збором, обробкою та аналізом даних про роботу організації, їх порівнянням з попередніми й плановими показниками і результатами конкурентів з метою виявлення слабких сторін і потенційних можливостей фірми.

Звернемося до результатів досліджень науковців далекого зарубіжжя щодо трактування екаунтінг-менеджменту. Для точності і правильності розуміння будемо використовувати автентичне поняття «accounting management».

За даними Міжнародної асоціації сертифікованих фахівців з управлінського обліку (Institute of Management Accounting (USA)), «accounting management» розглядається як безперервний процес планування, проектування, вимірювання й опрацювання (обробки) фінансової і нефінансової системи інформації, що спрямовує дії управління, мотивує поведінку, підтримує і створює культурні цінності, необхідні для досягнення стратегічних, тактичних, і оперативних цілей організації [10, с. 13]. Як бачимо, наведене визначення включає елементи організації, планування, мотивації і контролю отриманих результатів, тобто основні функції менеджменту.

Ряд науковців США розглядає «accounting management» як процес постачання керівників і працівників організації відповідною інформацією (як фінансовою, так і не фінансовою) для прийняття рішень, розподілу ресурсів, а також моніторингу, оцінки і заохочення у роботі [11, с. 2]. Британські вчені стверджують, що «accounting management» включає підготовку і своєчасне надання керівництву підприємства фінансової та статистичної інформації для прийняття оперативних («день-у-день») і короткострокових управлінських рішень [12].

Розв'язанню проблеми співвіднесеності понять «accounting management», «екаунтінг-менеджмент», «управлінський облік» і «бухгалтерський менеджмент» присвячені дослідження С.В. Калабухової [13; 14], яка пропонує авторську інтерпретацію оригінального визначення «management accounting» з урахуванням всіх ознак менеджменту та предметної сфери обміну інформацією: бухгалтерський менеджмент є професійною діяльністю, що спрямована

на організацію взаємодії у внутрішньому та зовнішньому бізнес-середовищі для прийняття управлінських рішень, забезпечує планування та мотивування в системах управління на основі результатів аналізу даних (експертизи) фінансової звітності та контролю облікової оперативної інформації, допомагає керівництву у розробці і реалізації організаційної стратегії [13, с. 22].

Науковець вважає, що в сучасних умовах розвитку вітчизняної бухгалтерської науки необхідно відійти від підміни понять і почати оперувати сучасною термінологією, включаючи у науковий обіг словосполучення «бухгалтерський менеджмент» у розумінні професійної діяльності, яка інтегрує процеси бухгалтерського обліку, бухгалтерського аналізу та бухгалтерського контролю з метою підготовки і прийняття управлінських рішень [13, с. 22].

Відтак, С.В. Калабухова пропонує таке схематичне зображення предметної сфери бухгалтерського менеджменту (рис. 1).



**Рис. 1.** Бухгалтерський менеджмент як діяльність щодо створення ланцюга цінності інформації і знань про діяльність підприємства для прийняття рішень [13, с. 22]

Погоджуємося з думкою науковця про те, що ключовим словом у словосполученні «accounting management» доцільно визнати термін «management», який вказує на конкретну предметну сферу — «accounting». Реалізація функцій менеджменту в «management accounting» забезпечується (providing) експертизою, тобто аналізом фінансової звітності (expertise in financial reporting) та контролем, що допомагають керівництву у розробці і впровадженні організаційної стратегії [14, с. 19—20].

В.В. та І.І. Глушенки також вказують на те, що бухгалтерський менеджмент включає: планування, організацію (виділення департаментів і розподіл функцій), мотивацію і (або) стимулювання, контроль [15] — функції менеджменту.

Таким чином, у термінах, які включають слово «менеджмент», зокрема «екаунтінг-менеджмент», «бухгалтерський менеджмент», ключовою є складова менеджменту, що вказує на сферу його застосування — «екаунтінг»,

«облік», «бухгалтерський облік». Що стосується управлінського обліку (в тому розумінні поняття, яким оперують вітчизняні науковці), то він є підсистемою бухгалтерського обліку, а це означає, що його ключовою є облікова складова, яка вказує на сферу застосування облікової інформації, тобто в управлінні.

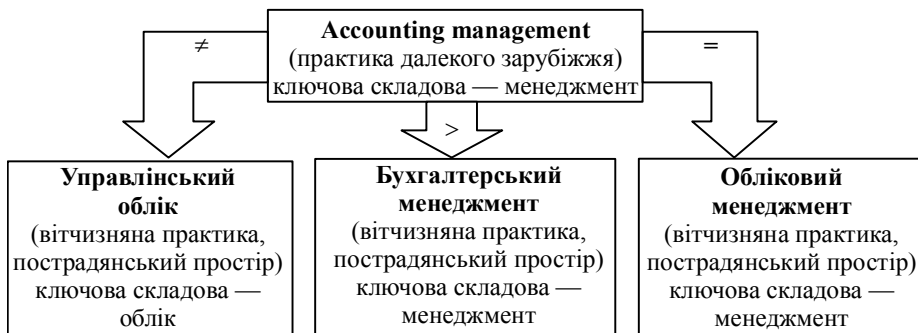
Англійський термін «accounting management» (або «management accounting») має бути перекладений і адаптований до потреб вітчизняної науки управління. Вважаємо, що даний термін доцільно перекласти українською мовою як «обліковий менеджмент» (або «менеджмент обліку»).

На нашу думку, термін «бухгалтерський менеджмент» обмежується інформацією бухгалтерського обліку, який, поряд з оперативним і статистичним, є частиною загальної системи обліку на підприємстві.

На думку Я.О. Лебедевої, бухгалтерському менеджменту слід розмежовувати інформацію, корисну для прийняття управлінських рішень, яка:

- відображається в основних формах звітності та примітках до них;
  - розкривається додатково відповідно до вимог стандартів;
  - відображається в інших видах звітності та інтерпретується на підставі: внутрішньої звітності; зовнішньої звітності; іншої зовнішньої інформації [16].
- Механізмом, що визначає ступінь і рівень деталізації, інформації повинна бути облікова політика організації, яку можна формувати як єдину і як сукупність окремих документів для організації різних видів обліку, внутрішньої і зовнішньої звітності [16].

Схематично співвідношення і взаємозалежність розглянутих вище термінів матиме такий вигляд (рис. 2).



**Рис. 2.** Відповідність понять «accounting management», «управлінський облік», «бухгалтерський менеджмент», «обліковий менеджмент», розроблено автором

Таким чином, термін «accounting management» не тотожний управлінському обліку, за змістом ширший, ніж бухгалтерський менеджмент і має бути перекладений як «обліковий менеджмент».

Під обліковим менеджментом слід розуміти: один із самостійних видів професійної діяльності, спрямований на побудову ефективної системи виявлення, вимірювання, реєстрації, накопичення, обробки, систематизації й передачі внутрішнім зацікавленим користувачам облікової інформації для

забезпечення підготовки, прийняття і контролю виконання відповідних управлінських рішень.

Г.І. Нікітіна визначає обліковий менеджмент як систему організаційних умов, що формують обліковий процес у конкретній організації, і виділяє кілька підсистем у складі системи облікового менеджменту:

- методична: формування облікової політики, розробка робочого плану рахунків, проектування документообігу, вибір техніки і форми обліку; програмного забезпечення;

- організаційна: розробка організаційної структури і функцій бухгалтерського апарату, посадових інструкцій рахункових працівників, відведення приміщень для бухгалтерії і каси, матеріальне забезпечення рахункової праці;

- кадрова: підбір кваліфікованих фахівців для ведення обліку, їх пере- підготовка та стимулювання якості їх праці [17].

Науковець також вважає, що обліковий менеджмент великої фірми, яка має структурні одиниці і підрозділи, покликаний, крім інших завдань, вирішити питання про рівень централізації бухгалтерії [17].

На нашу думку, систему облікового менеджменту варто доповнити комунікаційною підсистемою, що забезпечує процес обміну інформацією між суб'єктами даної системи.

Інформаційно-комунікаційні системи повинні розв'язувати такі завдання: створення (введення інформації), підтвердження, розсилання, збереження, здійснення контролю за змінами, розподіл прав доступу окремих користувачів до конкретної інформації [18].

### Висновок

Проведені дослідження дають підстави стверджувати, що поняття «accounting management» необхідно перекладати як «обліковий менеджмент», який включає управлінську і облікову складову. Обліковий менеджмент формує систему організаційних умов, що забезпечують обліковий процес підприємства. Поняття «accounting management» не тотожне «управлінському обліку» і ширше, ніж «бухгалтерський менеджмент». Оскільки обліковий менеджмент є різновидом менеджменту підприємства, надалі варто зосередити на поглибленні досліджень окремих складових системи облікового менеджменту.

### Література

1. *Голов С.Ф.* Управлінський облік. Підручник / С.Ф. Голов. — 3-є вид. — Київ : Лібра, 2006. — 704 с.
2. *Партин Г.О.* Управлінський облік: навч.-метод. посіб. / Г.О. Партин, А.Г. Загородній, А.І. Ясіньська. — Київ : Знання, 2006. — 235 с.
3. *Бухгалтерський фінансовий облік: підручник для студентів спеціальності «Облік і аудит» вищих навчальних закладів / Ф.Ф. Бутинець, А.М. Герасимович, Г.Г. Кірейцев та ін.; під ред. проф. Ф.Ф. Бутинця.* — 5-е вид., доп. і перероб. — Житомир : ПП «Рута», 2003. — 726 с.
4. *Сопко В.В.* Бухгалтерський облік: навч. посібник / В.В. Сопко. — 3-є вид., перероб. і доп. — Київ : КНЕУ, 2000. — 578 с.



5. *Даньків Й.Я.* Бухгалтерський облік: підручник / Й.Я. Даньків, М.Я. Остап'юк. — Київ : Знання, 2007. — 469 с.
6. *Карпенко О.В.* Управлінський облік : навч. посіб. / О.В. Карпенко, Д.В. Карпенко. — Київ : Центр учбової літератури, 2012. — 296 с.
7. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України № 996-XIV від 16.07.1997 р. [Електронний ресурс] : Офіційний ВЕБ-портал Верховної ради України. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/996-14>.
8. Менеджмент, его сущность и его разновидности [Електронний ресурс] : WEB-портал «Менеджмент, экономика, маркетинг». — Режим доступа : <http://orgmanagement.ru/shpora/page152.html>.
9. *Ретина Е.А.* Менеджмент : учеб. пособ. / Е.А. Ретина, Т.Ю. Анопченко, Р.С. Володин / Южный федеральный университет. — Ростов на Дону : Изд-во АкадемЛит, 2015. — 316 с.
10. *Sekhar R.C.* Management accounting / R.C. Sekhar, A.V. Rajagopalan. — New Delhi : Oxford University Press, 2013. — 645 p.
11. *Atkinson A.A.* Management accounting / Anthony A. Atkinson, Robert S. Kaplan, Ella Mae Matsumura, S. Mark Young. — 6th. — Pearson, 2012. — 526 p.
12. What is management accounting? [Electronic resource] : Informational website “Debitoor.com” for accountants of UK. — Access mode : <https://debitoor.com/dictionary/management-accounting>.
13. *Калабухова С.В.* Дефініції поняття «management accounting» : управлінський облік чи бухгалтерський менеджмент? / С.В. Калабухова // Бухгалтерський облік, економічний аналіз та контроль в умовах формування і розвитку сучасних концепцій управління : тези XII міжнар. наук. конф. 24—25 жовтня 2013 року / М-во освіти і науки України, Житомир. держ. техн. ун-т ; редкол. : О. В. Олійник [та ін.]. — Житомир : ЖДТУ, 2013. — С. 20—23.
14. *Калабухова С.В.* Концепція бухгалтерського аналізу підприємницької діяльності / С.В. Калабухова. — Economic analysis : sector aspect : Collective monograph. — Editorial Arane, S.A. de C.V., Mexico City, Mexico, 2016. — P. 14—34.
15. *Глуценко В.В.* Исследование систем управления: социологические, экономические, прогнозные, плановые, экспериментальные исследования : учеб. пособие для вузов / В.В. Глуценко, И.И. Глуценко. — Железнодорожный, Моск. обл. : ООО НПЦ «Крылья», 2004. — 416 с.
16. *Лебедева Я.О.* Проблемы адаптации бухгалтерской финансовой отчетности при переходе на МСФО / Я. О. Лебедева // Актуальные вопросы экономических наук [Текст] : сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 14 декабря 2012 года / под общ. ред. С. С. Чернова. — Новосибирск : ЦРНС, 2012. — С. 87—92.
17. *Никитина Г.И.* Теория бухгалтерского учёта : лекционная тетрадь / Г.И. Никитина. — Абакан : СФУ, 2011 [Электронный ресурс] : Файловый архив студентов. — Режим доступа : <http://www.studfiles.ru/preview/5639135/page:21/>.
18. *Черненко К.В.* Концептуальні основи обліково-аналітичного забезпечення системи менеджменту / К. В. Черненко // Економіка. Управління. Інновації. — 2015. — Вип. № 3(15). — С. 171—179.

## **ЭККАУНТИНГ-МЕНЕДЖМЕНТ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ**

**А.А. Казаков, В.И. Казакова**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проведен сравнительный анализ понятий «экзаунтинг-менеджмент», «управленческий учет» и «бухгалтерский менеджмент», определена*

*их взаимозависимость и сопоставимость. Уточнен перевод понятия «management accounting» на украинский язык. Разработана схема соответствия исследованных понятий. Предложено авторское толкование учетного менеджмента в контексте современных потребностей управления на предприятии. Дополнены составляющие подсистемы, формирующие систему учетного менеджмента (методическую, организационную и кадровую дополнено коммуникационной). Обозначена необходимость дальнейших исследований учетного менеджмента в составе системы управления на предприятии.*

**Ключевые слова:** *учет, управленческий учет, эккаунтинг-менеджмент, бухгалтерский менеджмент, учетный менеджмент.*

## **ESSENCE AND PECULIARITIES OF ENTERPRISE MARKETING RISK MANAGEMENT**

**S. Kravets**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Risk*

*Marketing risks*

*Types of marketing risks*

*Risk management*

*Enterprise*

---

**Article history:**

Received 08.01.2017

Received in revised form

22.01.2017

Accepted 13.02.2017

---

**Corresponding author:**

S. Kravets

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article investigates the essence of such concept as risk, its objective and subjective nature of emergence and its role in business activities. The main prerequisites for risks during the operation of manufacturing enterprises are listed and characterized. The views of Ukrainian and foreign scientists on the essence of the concept “marketing risks of enterprises” are analyzed; the author's vision of the concept is proposed. The author's classification of marketing risks of industrial enterprises is presented, including the indication of their causes, negative consequences and recommendations for prevention and control. The main methods of quantitative assessment of marketing risks, such as expert and statistical methods, were characterized. The mechanism and principles of risk management were considered. The basic ways (methods) of practical risk management at the level of manufacturing enterprises were investigated.

---

## **СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ МАРКЕТИНГОВИМИ РИЗИКАМИ ПІДПРИЄМСТВ**

**С.В. Кравець**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто сутність поняття «ризик», його об'єктивну і суб'єктивну природу виникнення, та роль, яку він відіграє в процесі здійснення підприємницької діяльності. Визначено й охарактеризовано основні передумови появи ризиків у діяльності виробничих підприємств. Проаналізовано погляди вітчизняних і зарубіжних вчених на сутність поняття «маркетингові ризики підприємств», запропоновано його авторське бачення. Розроблено авторську класифікацію маркетингових ризиків виробничих підприємств із зазначенням причин виникнення, негативних наслідків від їх виникнення та рекомендації щодо їх запобігання і подолання у практичній діяльності підприємств. Охарактеризовано основні методи кількісної оцінки маркетингових ризиків — експертний і статистичний. Розглянуто механізм і принципи управління ризиками. Досліджено основні способи (методи) практичного управління ризиками на рівні виробничих підприємств.*

**Ключові слова:** *ризик, маркетингові ризики, види маркетингових ризиків, управління ризиками, підприємство.*

**Постановка проблеми.** Система ринкових відносин об'єктивно зумовлює існування ризику в усіх сферах господарської діяльності. Ринкове середовище вносить у діяльність підприємств елементи невизначеності та зумовлює різноманітність існування ризикових ситуацій, які виникають за конкретних умов та обставин. Ризикові ситуації формують умови для існування і реалізації економічного ризику, з яким у процесі своєї діяльності зіштовхуються практично всі підприємства. Відсутність повної інформації, елементи випадковості та інші економічні умови господарювання обумовлюють складність прогнозованості процесу управління, оскільки більшість управлінських рішень підприємства приймається в умовах невизначеності та економічного (підприємницького) ризику.

За таких обставин підприємствам потрібно не уникати ризику, а вміти правильно оцінювати його ступінь і безпосередньо управляти ним з метою обмеження його впливу на їх діяльність. Такі умови господарювання, у свою чергу, зумовлюють зростання ролі маркетингу як ключової сфери управління підприємством, де значна увага приділяється вивченню ризикових аспектів господарської діяльності, пошуку ефективних методів контролю, оцінки та моніторингу ризиків, створенню відповідних систем управління ними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання економічної сутності ризиків та управління ними знайшло своє відображення в працях А.О. Старостіної, В.А. Кравченка, В.В. Вітлінського, Т.А. Мараховської, Т.П. Данько, Н.В. Хохлова, А.Ф. Павленко, І. Альт Шулера, С. Клементса, М. Доннеллана та ін. [2; 6; 7; 8; 10; 11]. Проте зазначені науковці мають різні погляди на сутність поняття «маркетингові ризики» та ознаки їх класифікації, тому існує необхідність запропонувати більш удосконалене визначення категорії «маркетингові ризики», здійснити детальну класифікацію, розглянути методи кількісного оцінювання ризиків та управління ними, які доцільно застосовувати в контексті здійснення підприємницької діяльності.

**Виклад основних результатів дослідження.** Різні підходи до трактування поняття «ризик» пов'язані з неоднозначним тлумаченням його природи [1]. Підхід до розуміння природи ризику дає змогу обрати необхідні заходи щодо управління ним у процесі здійснення підприємницької діяльності. Тобто ризик має об'єктивну природу, внутрішні зв'язки постійно протистоять зовнішнім зв'язкам, за допомогою яких відбуваються економічні процеси. Також у ризику закладена суб'єктивна природа, що означає активне дослідження суб'єктом особливостей власної діяльності, зовнішнього середовища, вибір і прийняття рішення.

Отже, можна вважати, що ризик — це об'єктивно-суб'єктивна категорія, яка внаслідок впливу факторів характеризує багатоваріантність результатів суб'єкта підприємницької діяльності або його бездіяльності, причому тоді, коли існує невпевненість у досягненні будь-якого конкретного варіанта [1, с. 100].

Ризик — це економічна категорія, яка відображає характерні особливості сприйняття зацікавленими суб'єктами економічних відносин об'єктивно існуючих невизначеності та конфліктності, іманентно притаманних процесам цілепокладання, управління, прийняття рішень, оцінювання, що обтяжені можливими загрозами та невикористаними можливостями [3, с. 318].

Можна виділити декілька основних передумов появи ризиків, які виникатимуть у діяльності вітчизняних виробників [1]:

1. Випадковість впливу глобалізації економічних процесів. За ринкових умов господарювання посилюється глобалізація економіки та складнішають зв'язки (через їх різноманітність) між основними бізнес-партнерами, що сприяє появі певних випадкових обставин, які важко передбачити в період планування роботи підприємства й адаптації до ринку.

2. Відсутність достовірної інформації. На сучасному етапі розвитку економіки інформація стає основним чинником успішного функціонування підприємства. Наявність достовірної, повної та своєчасної інформації дає змогу керівництву підприємства оперативно приймати рішення, спрямовані на покращення роботи підрозділів підприємства. Проте на сьогодні підприємства не можуть отримувати повний масив інформації, необхідної для швидкого прийняття управлінських рішень. Тобто спостерігаються «інформаційні розриви»: наявність недосконалої й асиметричної інформації, що ускладнює ефективну роботу підприємств і вимагає значних фінансових витрат та отримання інформації.

3. Кадрове і технічне забезпечення. Досить часто вітчизняні підприємства страждають через відсутність або недосконалість необхідного кадрового потенціалу, що зменшує їхню конкурентоспроможність порівняно із зарубіжними компаніями. Важливим фактором є також наявність сучасного матеріального та науково-технічного забезпечення підприємств, своєчасна заміна застарілої техніки, постійний моніторинг новинок у власній галузі та в суміжних сферах науки і техніки. Варто також урахувати важливу роль, яку відіграє персонал у діяльності підприємства. Недостатня його компетентність або відсутність мотивів призводить до прорахунків у прийнятті управлінських рішень.

4. Зіткнення інтересів виробників на товарному ринку. За умов конкурентного середовища, характерного для умов ринкового господарювання, у процесі власної фінансово-господарської діяльності підприємство зіштовхується з протидією з боку конкуруючих сторін унаслідок зіткнення інтересів. Крім того, може виникнути розбіжність інтересів між бізнес-партнерами (невиконання умов договорів постачальниками та покупцями) і працівниками власного підприємства (трудові конфлікти).

Після становлення ринкової економіки й побудови конкурентних відносин частково буде зменшуватись вплив третьої та четвертої передумов, оскільки зростатиме увага підприємств до питань систематичної підготовки висококваліфікованого персоналу [1]. Складніше з питанням технічного забезпечення, оскільки розвиток нових технологій потребує постійного оновлення технічного потенціалу підприємства для утримання власних ринкових позицій. В умовах побудови конкурентного середовища підвищиться етика у взаєминах з основними контрагентами підприємства. Це дасть змогу знизити ризики невиконання ними договірних зобов'язань.

Однак зниження впливу цих передумов нівелюється підвищенням ролі перших двох чинників, оскільки виникнення непередбачуваних обставин і

відсутність інформації може призвести як до значних фінансових витрат і втрат, так і до труднощів у діяльності підприємства.

Унаслідок посилення глобалізації та інтернаціоналізації економіки посилюється значення випадковості через значну економічну, соціальну та політичну нестабільність у різних країнах і регіонах. Процеси інтернаціоналізації збільшують потоки інформації, що ускладнює пошук та обробку необхідної для підприємства інформації, посилюючи «інформаційні розриви», тому рух від масового маркетингу до маркетингу відносин з підприємцем вимагає приймати рішення для кожного окремого учасника на основі традиційних маркетингових інструментів. Зокрема, збільшення витрат на маркетинг і створення ефективних рішень у галузі технологічного прогресу дає змогу створювати більш складні рішення, які поєднують у собі елементи маркетингу і продажів у багатьох формах і по різних каналах зв'язку [1].

У свою чергу, поняття «маркетингові ризики» є також досить складним і неоднозначним за своєю природою, що зумовило його визначення як предмета дослідження багатьма вітчизняними вченими (табл. 1).

*Таблиця 1. Порівняльна характеристика трактувань категорії «маркетингові ризики», [7, с. 366; 10, с. 907; 8, с. 269; 11, с. 91; 6, с. 78; 4, с. 210; 12 ]*

Автор	Визначення
Британська асоціація страхування і ризик-менеджерів (AIRMIC)	Маркетингові ризики — це сукупність ризиків у маркетинговій сфері діяльності компанії, які полягають в ускладненні або неможливості реалізації маркетингових цілей унаслідок впливу на діяльність компанії будь-яких можливих подій.
Авторський колектив підручника «Маркетинг» за ред. Павленко А.Ф.	Під ризиком у маркетингу слід розуміти загрозу збитків або недоотримання прибутків у результаті реалізації конкретних рішень чи видів виробничо-збутової діяльності, що спираються на рекомендації маркетингу.
Старостіна А.О., Кравченко В.А.	Маркетингові ризики — це сукупність ризиків, властивих маркетинговій сфері діяльності компанії, які характеризуються ймовірністю виникнення певних подій та їх наслідками, що ускладнюють чи унеможлиблюють досягнення цілей на окремих етапах маркетингової діяльності чи цілком у сфері маркетингу.
Данько Т.П.	...виникає у тому випадку, коли фірма виходить на ринок зі своїми послугами і товарною спеціалізацією, ймовірнісні процеси, що відбуваються на ринку, створюють ситуацію нестійкості, варіабельності, несподіванки у сфері оцінки товару покупцем або через цінову політику фірми, або через вміст її асортиментного портфеля, або через спосіб повідомлення про товар (реклама), або через помилковість вибору форм його просування на ринок.
Волков І.М., Грачов М.В.	Маркетинговий ризик — це ризик збитків унаслідок невірної стратегії чи тактики на ринку збуту.
Чурсіна О.	Ризик недоотримання прибутку в результаті зниження обсягу реалізації або ціни товару. Неправильний вибір ринків збуту продукції, невірне визначення стратегії операцій на ринку, неточний розрахунок місткості ринку, неправильне визначення потужності виробництва; непродуманість, відсутність збутової мережі на передбачуваних ринках збуту; затримка виходу на ринок. Небажана подія, пов'язана зі збутом продукції.

Представлені визначення відображають широкий спектр існуючих поглядів, що дає змогу виділити три групи типових тлумачень [7]:

1. Широке тлумачення, яке ототожнює маркетингові ризики з ризиками виробничо-збутової діяльності.

2. Дослівне тлумачення, яке визначає маркетингові ризики як ризики, що виникають у маркетинговій сфері.

3. Вузьке тлумачення, яке зводить маркетингові ризики до збутових чи цінових ризиків.

Слід також відзначити, що маркетингові ризики — це сукупність ризиків, які виникають у сфері управління маркетингом підприємства (збут товарів і надання послуг, вибір цінової стратегії та цільового ринку (сегмента ринку), взаємовідносини з контрагентами тощо) внаслідок прийняття та реалізації конкретних управлінських рішень, ведуть до втрати прибутків або збитків, що безпосередньо впливає на фінансову ситуацію і ставить під загрозу функціонування підприємства в цілому.

Маркетингові ризики є складним явищем, до їх складу входить багато різновидів, основними з яких є: організаційні, закупівельні, цінові та збутові, комунікаційні, інноваційні, ризики взаємодії з маркетинговим середовищем і ризики, пов'язані із зовнішнім економічним середовищем. Їх детальна характеристика наведена в табл. 2.

*Таблиця 2. Класифікація маркетингових ризиків, удосконалено автором на основі [5]*

Види ризиків	Причини виникнення	Негативні наслідки, зумовлені причинами виникнення	Рекомендації щодо запобігання і подолання негативних наслідків
1	2	3	4
Організаційні	1. Низький рівень організації управління підприємством. 2. Недоліки в організації маркетингової діяльності підприємства. 3. Нестійке фінансове становище підприємства.	Призводять до: - неефективного використання кадрового потенціалу підприємства; - нескоординованості у діяльності виробничих підрозділів підприємства; - помилок у плануванні діяльності підприємства; - неефективності використання фінансових ресурсів підприємства; - відсутності ефективної системи контролю за всіма сферами господарської діяльності; - банкрутства підприємства.	З метою уникнення негативних наслідків керівництву підприємства необхідно спочатку чітко визначити цілі своєї господарської діяльності, створити ретельний бізнес-план, проаналізувати досвід уже існуючих успішних підприємств, їхні успіхи і помилки, забезпечити достатність фінансових ресурсів.
Закупівельні	1. Неприйнятні умови постачання і форм розрахунків з постачальниками. 2. Низька ділова репутація постачальників.	Призводять до: - перебоїв з постачанням сировини і матеріалів, необхідних для виробництва товарів і надання послуг; - зумовлюють порушення ритмічності виробництва;	Необхідно ретельно аналізувати фірми-постачальники сировини і матеріалів стосовно їх ділової репутації, якості продукції, яку вони пропонують, їх фінансове становище, досвід ро-

1	2	3	4
Закупівельні	3. Підвищення закупівельних цін на сировину, матеріали і комплектуючі. 4. Неоптимальність рівня каналу товароруху.	- некоректності в розрахунках між діловими партнерами; - зростання цін на сировину, матеріали і комплектуючі спричиняє зростання цін на вироблені товари і надані послуги.	боти на ринку, цінову пропозицію. Обирати ті з них, які є надійними, ретельно складати ділові контракти, детально прописуючи їх зобов'язання та штрафні санкції, за їх невиконання.
Цінові і збутові	1. Недостатність фінансових ресурсів у підприємства. 2. Неправильний вибір цінової стратегії. 3. Неєфективна система знижок. 4. Недостатньо вивчений поточний і потенційний попит покупців. 5. Сильні протидії конкурентів. 6. Низька конкурентоспроможність товарів, що реалізуються, низький рівень наданих послуг.	Призводять до: - втрати очікуваних прибутків і величезних збитків; - фізичних втрат вироблених товарів і даремно наданих послуг; - погіршення стосунків з діловими партнерами; - втрати частки ринку, а інколи й повного виходу з ринку; - банкрутства підприємства.	Проводити глибокі маркетингові дослідження, спрямовані на визначення доцільності виробництва пропонованого товару, прогнозованого рівня попиту на нього, рівня купівельної спроможності потенційних покупців, поведінки на ринку фірм-конкурентів. Вкладати необхідний об'єм коштів у проведення цих досліджень та отримання необхідної для підприємства первинної маркетингової інформації.
Комунікаційні	1. Неєфективні рекламні звертання до реальних і потенційних споживачів. 2. Неправильний вибір комунікативної стратегії. 3. Незначні витрати на стимулювання попиту. 4. Відсутність прямих і зворотних каналів зв'язку із покупцями.	Зумовлюють: - відсутність у підприємства необхідної інформації, яку надають покупці, щодо якості та ціни пропонованих товарів і послуг, їх доступності на ринку; - недостатність інформації загрожує підприємству зниженням рівня попиту серед покупців, втратою очікуваних прибутків; - неєфективна реклама може стати також причиною того, що товар залишиться «непоміченим» покупцями серед аналогічних товарів-конкурентів.	Підприємству слід обов'язково побудувати широку систему комунікації з потенційними та реальними покупцями (шляхом створення привабливої реклами, залученням фірмової торгівлі, власних торгових агентів тощо).
Інноваційні	1. Помилковість у виборі інноваційного проекту. 2. Незабезпеченість інновації достатнім фінансуванням. 3. Відсутність попиту на інновації. 4. Посилення конкуренції.	Може призвести до того, що інноваційний продукт буде або: - непопулярним серед покупців на ринку; - недоступним для них; - не витримуватиме конкуренції порівняно з іншими аналогічними товарами.	Для уникнення негативних наслідків підприємству слід провести необхідні маркетингові дослідження з метою виявлення доцільності такого товару на ринку, його доступності для споживачів і виявлення відмінностей, які цей товар матиме серед уже існуючих схожих товарів.



1	2	3	4
Ризик взаємодії з маркетинговим середовищем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неповна інформація про конкурентів або відсутність достовірної інформації про них.</li> <li>2. Поява нових конкурентів.</li> <li>3. Недобросовісність конкурентів.</li> <li>4. Зміни у смаках споживачів.</li> </ol>	<p>Зазначені причини:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- створюють імовірність втрати прибутків і відтоку споживачів;</li> <li>- можуть завдати удару по іміджу підприємства, послабити його становище на ринку.</li> </ul>	<p>Постійно проводити моніторинг ринку й оперативно реагувати на його зміни. Шукати способи пристосування до нової ринкової ситуації.</p>
Ризики, пов'язані із зовнішнім економічним середовищем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нестабільність економічної і політичної ситуації в країні.</li> <li>2. Недосконалість законодавства.</li> <li>3. Зміни законодавства.</li> <li>4. Зростання ставок мита.</li> <li>5. Обмеження, пов'язанні з підвищенням відпускних цін.</li> <li>6. Зменшення доходів населення.</li> <li>7. Рівень інфляції.</li> <li>8. Коливання валютного курсу.</li> <li>9. Зміни у функціонуванні ринку.</li> </ol>	<p>Призводять:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- до втрати прогнозованих прибутків;</li> <li>- непередбачуваних додаткових витрат;</li> <li>- втрати можливостей виходу на інші сегменти ринку (інші зовнішні ринки).</li> </ul>	<p>Оскільки передбачити всі негативні наслідки неможливо, слід шукати додаткові можливості їх уникнення (залучати додаткове фінансування, виробляти товари, більш доступні для населення, шукати більш дешеву сировину тощо).</p>

Метою маркетингу в практичній діяльності підприємств є підвищення ефективності їхнього функціонування на ринку. При цьому головне завдання маркетингової діяльності полягає в тому, щоб зменшити ступінь невизначеності ризику в маркетинговій діяльності й забезпечити концентрацію ресурсів на обраних пріоритетних напрямках розвитку.

В умовах об'єктивного існування ризиків і пов'язаних з ними всіх видів втрат виникає потреба в певному механізмі, що дав би змогу найкращим з можливих способів, з огляду на поставлені підприємством цілі, враховувати ризики при прийнятті й реалізації господарських рішень. Таким механізмом є управління ризиками [5].

Управління ризиками — це сукупність прийомів, методів і заходів, які надають можливість певним чином прогнозувати настання ризикових подій і вживати заходів щодо усунення або зниження негативних наслідків від настання таких подій [5, с. 169].

Управління ризиками — це необхідність використовувати в управлінській діяльності різноманітні підходи, процеси, заходи, які дають змогу певною мірою (наскільки це можливо) прогнозувати можливість настання ризикованих подій і домагатися зниження ступеня ризику до допустимих меж [3, с. 318].

Управління ризиками має забезпечити оптимальне для підприємця співвідношення результатів економічної діяльності та ризику, яким вона обтяжена. Необхідною умовою розв'язання проблеми ризиків є чітке усвідомлення цілей діяльності підприємства. Виходячи з конкретних цілей, слід здійснювати збирання, обробку й аналіз інформації про зовнішнє середовище, внутрішні показники фінансової, виробничої, комерційної діяльності підприємства в минулому та в поточному періоді, а також прогнози щодо майбутнього [2].

Для проведення кількісної оцінки рівня маркетингових ризиків на підприємствах застосовують статистичний і експертний методи [5]. Суть статистичного методу полягає в тому, що вивчається статистика втрат і прибутків, що мали місце на підприємстві, встановлюється величина й частковість одержання того, або іншого економічного результату й складається найбільш імовірний прогноз на майбутнє.

Статистичний метод кількісної оцінки вимагає наявності значного масиву даних, які не завжди є в розпорядженні підприємства. Крім того, процес збору й обробки даних є дорогим, складним і тривалим у часі, що теж не завжди зручно. В такому разі можна використовувати експертний метод. Його суть полягає в одержанні кількісних оцінок ризиків на підставі обробки думок досвідчених фахівців. Застосування цього методу особливо ефективне при вирішенні складних і неформалізованих проблемних ситуацій, коли неповнота й недостовірність інформації не дають змоги використовувати статистичний метод кількісної оцінки ризиків.

Підприємствам, що працюють в умовах ринкової економіки, необхідно також знати і використовувати принципи, які застосовуються в процесі управління ризиками. Основними з них є [2; 3; 13]:

- принцип максимізації, який передбачає прагнення найширшого аналізу можливих причин і чинників виникнення ризику, тобто цей принцип наголошує на необхідності зведення рівня невизначеності до мінімуму;
- принцип мінімізації означає, що управлінці намагаються звести до мінімуму, по-перше, спектр можливих ризиків, і, по-друге, мінімізувати рівень впливу ризику на свою діяльність;
- принцип адекватності реакції полягає в необхідності адекватно і швидко реагувати на зміни, які можуть призвести до виникнення ризику;
- принцип прийняття — управлінці (підприємці) можуть прийняти на себе лише обґрунтований ризик.

У результаті ґрунтовного якісного та кількісного аналізу ризиків підприємець, спираючись на отримані дані, обирає один із способів (методів) управління ризиками, які є найуніверсальнішими й найпоширенішими у практичній діяльності. Головними серед них вважають [2; 3; 13]:

1. Зниження ступеня ризику — оптимізацію ризику, яку можна здійснювати або шляхом його передачі, тобто зовнішніми способами, або за допомогою внутрішніх ресурсів (самострахування), розподілу фінансових, матеріальних коштів за принципами:

- лімітування — встановлення ліміту, тобто граничних сум затрат, продажу, кредиту тощо. За такими видами діяльності і господарських операцій,

що можуть постійно виходити за встановлені межі припустимого ризику, цей ризик лімітується шляхом встановлення відповідних економічних і фінансових нормативів;

- диверсифікації — найбільш обґрунтований і відносно менш витратний спосіб зниження ступеня економічного ризику в діяльності підприємства, що полягає в розподілі зусиль і капіталовкладень між різноманітними видами діяльності, безпосередньо не пов'язаними один з одним. У такому випадку, якщо в результаті непередбачених подій один вид діяльності буде збитковий, то інший може приносити прибуток. Проте необхідно зазначити, що не всі види ризику можна зменшити за допомогою диверсифікації. Так, до зовнішніх факторів ризиків відносяться процеси, що відбуваються в економіці країни в цілому, воєнні дії, суспільні хвилювання, інфляція і дефляція, зміна дисконтної ставки, зміна відсоткових ставок по депозитах, кредитах у комерційних банках тощо. Ризик, зумовлений цими процесами, не можна зменшити за допомогою диверсифікації.

До внутрішніх способів зниження ризику відносять також здобуття додаткової інформації.

2. Уникнення ризику означає просте ухилення від певного заходу, обтяженого надмірним (катастрофічним) ризиком. Таке рішення приймається у випадку невідповідності принципам управління ризиками. Уникнення ризику є найбільш простим і радикальним напрямом у системі управління ризиками, що надає можливість цілком уникнути можливих втрат і непевності. Разом з тим, як правило, уникнення ризику означає для підприємця відмову від прибутку, тому за необґрунтованої відмови від заходу (проекту), пов'язаного з ризиком, мають місце втрати від невикористаних можливостей.

3. Запобігання ризику — доволі ефективний спосіб, який лише в окремих випадках дає змогу зменшити (уникнути) ризику в підприємстві. Прийняття (збереження чи збільшення) ступеня ризику — ситуація, коли ризик залишають на розсуд підприємця, тобто на його відповідальність. Вкладаючи засоби в конкретну справу, підприємець має бути впевненим, що існують можливості покриття ймовірних збитків або ж вони йому не загрожують. Збереження ризику найчастіше означає відмову від дій, спрямованих на компенсацію збитку, чи його компенсацію з якихось спеціальних джерел (фонд ризику, фонд самострахування, кредити тощо).

4. Передача ризику — передача відповідальності за нього третім особам (часто за винагороду) за збереження існуючого рівня ризику або шляхом його розподілу, або через механізм зовнішнього страхування. Це означає, що підприємець передає відповідальність за ризик комусь іншому, наприклад, страховій компанії. У цьому випадку передача ризику здійснюється шляхом страхування ризику. Передача ризику можлива також шляхом укладання ф'ючерсного контракту. Ф'ючерси дають змогу передавати ризик несприятливої зміни цін у майбутньому протилежній стороні торговельної угоди. Крім того, можна виокремити розподіл ризику, який полягає в тому, щоб покласти певну частку відповідальності за ризик на того співучасника реального інвестиційного проекту, який здатен його контролювати краще за інших.

Варто зазначити, що ефективний ризик-менеджмент потребує застосування системи методів управління ризиками, до складу якої повинні входити різноманітні організаційні й економічні методи (відхилення ризику, недопущення, мінімізація збитків, передача контролю за ризиками) [9].

### Висновки

Отже, маркетингові ризики становлять собою загрозу завдання збитків або недоотримання прибутків у результаті реалізації конкретних рішень чи видів виробничо-збутової діяльності, що спираються на рекомендації маркетингу.

Маркетингові ризики є одними з найголовніших складових економічного (підприємницького) ризику та чинять вплив на успіх господарської діяльності всіх без винятку підприємств, що працюють у ринкових умовах. В умовах сьогодення жодне підприємство не застраховане від виникнення ризиків і їх негативного впливу. Важливість їх ролі зумовлюється тим, що, виникаючи під час здійснення підприємницької діяльності, вони можуть призвести до кризи функціонування системи підприємства в цілому. Тому єдине, що може допомогти уникнути небажаних наслідків, — це передбачливе виявлення потенційно можливих для виробництва маркетингових ризиків, їх серйозна оцінка й аналіз, а також розробка програми щодо запобігання, мінімізації і ліквідації наслідків їх негативної дії на підприємство.

### Література

1. *Бець М.Т.* Управління маркетинговими ризиками продавця [Електронний ресурс] / М.Т. Бець, Л.І. Кучер // *Маркетинг і менеджмент інновацій.* — 2011. — № 3(1). — С. 99—105. — Бібліогр. : 7 назв. — укр. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Mimi\\_2011\\_3\(1\)\\_15.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Mimi_2011_3(1)_15.pdf).
2. *Вітлінський В.В.* Аналіз, моделювання та управління економічними ризиками: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко. — Київ : КНЕУ, 2000. — 292 с.
3. *Вітлінський В.В.* Ризикологія в економіці та підприємстві / В.В. Вітлінський, Г.І. Великованенко // *Монографія: за ред. Т. Зарембо.* — Київ : КНЕУ, 2004. — 480 с.
4. *Волков І.М.* Проектний аналіз: продвинутый курс: учеб. пособие [Текст] / И.М. Волков, М.В. Грачев. — Москва : Инфра-М, 2004. — 495 с.
5. *Гуржій Н.М.* Система маркетингових ризиків в діяльності підприємства [Електронний ресурс] / Н.М. Гуржій // *Вісник Хмельницького національного університету* — 2011. — № 6(4). — С. 167—170. — Бібліогр.: 7 назв. — укр. — Режим доступу: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011\\_6\\_4/167-170.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011_6_4/167-170.pdf).
6. *Данько Т.П.* Управление маркетингом: учебник. Изд-е 2-е, перераб. и доп. [Текст] / Т.П. Данько. — Москва : Инфра-М, 2001. — 726 с.
7. *Окландер Т.О.* Види маркетингових ризиків промислових підприємств [Електронний ресурс] / Т.О. Окландер // *Екон. вісн. Нац. техн. ун-ту України «КПШ»: зб. наук. пр.* — 2012. — № 9. — С. 365—369. — Бібліогр. : 11 назв. — укр. — Режим доступу: <http://economy.kpi.ua/uk/node/392>.
8. *Павленко А.Ф.* *Маркетинг: Підручник* [Текст] / А.Ф. Павленко, І.Л. Решетнікова, А.В. Войчак та ін.; За наук. ред. д-ра екон. наук, проф., акад. АПН України А. Ф. Павленко; Кер. авт. кол. д-р. екон. наук, проф. І.Л. Решетнікова — Київ : КНЕУ, 2008. — 600 с.
9. *Постернікова О.О.* Особливості управління ризиками на підприємствах [Електронний ресурс] / О. О. Постернікова, Л. В. Огнева // *Донецький національний університет економіки і торгівлі.* — Бібліогр. : 3 назв. — укр. — Режим доступу: [http://www.ru-snauka.com/27\\_NNM\\_2009/Economics/53011.doc.htm](http://www.ru-snauka.com/27_NNM_2009/Economics/53011.doc.htm).

10. Старостіна А.О. Маркетинг [Текст] / А.О. Старостіна, Н.П. Гончарова, Є.В. Крикавський. — Київ : Знання, 2009. — 1070 с.

11. Старостіна А.О. Ризик-менеджмент: теорія та практика: Навч. Посіб. [Текст] / А.О. Старостіна, В.А. Кравченко — Київ : Кондор, 2004. — 200 с.

12. Чурсіна О. Маркетинговий ризик [Електронний ресурс] / О. Чурсіна. — Режим доступу: <http://churzina.wordpress.com/2010/02/15/>.

13. Шатарська І.Ф. Економіко-математичне моделювання в маркетингу: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / І.Ф. Шатарська [голова редкол.: О.Д. Шарапов]; М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київський нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана». — Київ : КНЕУ, 2009. — 120 с.

## **СУЩНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МАРКЕТИНГОВЫМИ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**С.В. Кравец**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрена сущность понятия «риск», его объективная и субъективная природа возникновения, а также роль, которую он играет в процессе осуществления предпринимательской деятельности. Перечислены и охарактеризованы основные предпосылки появления рисков в деятельности производственных предприятий. Проанализированы взгляды отечественных и зарубежных ученых на сущность понятия «маркетинговые риски предприятия», предложено его авторское видение. Разработана авторская классификация маркетинговых рисков производственных предприятий с указанием причин возникновения, отрицательных последствий от их возникновения и рекомендаций по их предупреждению и преодолению в практической деятельности предприятий. Охарактеризованы основные методы количественной оценки маркетинговых рисков: экспертный и статистический. Рассмотрены механизм и принципы управления рисками. Исследованы основные способы (методы) практического управления рисками на уровне производственных предприятий.*

**Ключевые слова:** *риск, маркетинговые риски, виды маркетинговых рисков, управление рисками, предприятие.*

УДК 338.32.001.76

## ESTABLISHMENT OF THE STRATEGIC DEVELOPMENT MECHANISM OF AN ENTERPRISE

S. Kondratiuk, S. Dunda

*National University of Food Technologies*

---

<b>Key words:</b> <i>Strategy Development Strategic development Management Mechanism</i>	<b>ABSTRACT</b> The article discusses different scientists' views about the principles of the enterprise development and provides the meaning of this term. It defines the understanding of the term "mechanism" by domestic and foreign scientists. The basic theoretical aspects of establishing the factory strategic development mechanism are researched. The necessity of its use is also substantiated in this study. The article defines the main elements and suggests the mechanism of factory strategic development, the use of which will ensure the effective functioning and development of the entity over a long period.
<b>Article history:</b> Received 20.01.2017 Received in revised form 15.02.2017 Accepted 01.03.2017	
<b>Corresponding author:</b> S. Kondratiuk <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

---

## ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА

С.Ю. Кондратюк, С.П. Дунда

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто різні погляди науковців щодо сутності розвитку та надано власне розуміння цього поняття. З'ясовано, що пропонують розуміти під механізмом стратегічного розвитку вітчизняні та зарубіжні вчені. Досліджено основні теоретичні аспекти формування механізму стратегічного розвитку підприємства, обґрунтовано необхідність його застосування. Визначено основні елементи та запропоновано механізм стратегічного розвитку підприємства, використання якого забезпечить ефективне функціонування й розвиток суб'єкта господарювання в довгостроковій перспективі.*

**Ключові слова:** стратегія, розвиток, стратегічний розвиток, управління, механізм.

**Постановка проблеми.** Сучасні умови господарювання є складними та непередбачуваними. Постійно зростаючий конкурентний тиск, нестабільність зовнішнього середовища, прискорення змін — все це зумовлює необхідність підтримання підприємства в бажаному стані, що потребує його постійного розвитку як виробничо-економічної системи. Перешкодою на шляху до

розвитку вітчизняних підприємств стає неефективна система управління стратегічним розвитком. У зв'язку з цим виникає потреба у формуванні механізму стратегічного розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченню проблем стратегічного розвитку підприємств та управлінню ними приділяли увагу вітчизняні і зарубіжні науковці: І. Ансофф, Н.В. Афанасьєв, О.Л. Гапоненко, Л. Грейнер, Т.Л. Мостенська, С.В. Мочерний, Ю.С. Погорєлов, О.В. Раєвнева, О.М. Тридід, М. Хаммер. Незважаючи на значну кількість наукових праць, недостатньо дослідженим залишається питання розробки і застосування механізму стратегічного розвитку на підприємстві.

**Метою статті** є визначення теоретичних основ формування механізму стратегічного розвитку підприємства та обґрунтування його складових.

**Викладення основних результатів дослідження.** Ефективна довгострокова діяльність підприємства можлива за умови його розвитку. Складність і неоднозначність визначення розвитку підприємства зумовили наявність різних думок щодо його тлумачення. Так, розглядаючи зміст поняття «розвиток», Л.Г. Мельник визначив його як незворотну, спрямовану, закономірну зміну системи на основі реалізації внутрішньо притаманних їй механізмів самоорганізації [5]. Основними властивостями розвитку є незворотність, спрямованість, закономірність, а також впорядкованість та активна роль внутрішніх механізмів самоорганізації. С.В. Мочерний в «Економічній енциклопедії» визначає поняття «розвиток» як спрямовані та закономірні зміни матеріальних і нематеріальних об'єктів, які мають незворотний характер, унаслідок чого відбувається перехід від менш розвинених форм таких об'єктів до більш розвинених [3]. Інші науковці [2; 7; 8] визначають розвиток як спрямований процес зміни якісного стану об'єкта, який супроводжується перетворенням його внутрішніх і зовнішніх зв'язків, забезпечує єдність досягнення стійкості та адаптивності системи об'єкта відповідно до вимог зовнішнього середовища й таким чином забезпечує її життєстійкість максимально довгий період часу.

Підсумовуючи розглянуте вище, можна стверджувати, що розвиток являє собою сукупність незворотних змін, в результаті яких об'єкт переходить на якісно новий рівень.

Стратегічний розвиток підприємства пропонується розуміти як безперервний процес цілеспрямованих кількісних і якісних змін, зумовлених трансформацією зовнішнього і внутрішнього середовища, що формують загальний напрям діяльності підприємства у довгостроковій перспективі, спрямований на досягнення поставлених цілей.

Розвиток підприємства не може відбуватися самостійно, він залежить від якості системи управління, в якій суб'єкт здійснює вплив на об'єкт з метою вирішення тактичних, оперативних і стратегічних завдань задля отримання прибутку та переходу на більш високу стадію життєвого циклу.

Управління стратегічним розвитком передбачає об'єктивне визначення його поточного й бажаного стану, скоординоване управління ресурсами, вибір таких управлінських рішень, які б сприяли забезпеченню ефективного функціонування суб'єкта господарювання. Перелічені аспекти можуть бути впорядковані та

відображені у сформованому цілісному механізмі. Саме таким механізмом, на нашу думку, є механізм стратегічного розвитку підприємства.

У зв'язку з цим виникає необхідність обґрунтування поняття такого механізму, визначення його складових елементів, принципів та основних засад функціонування.

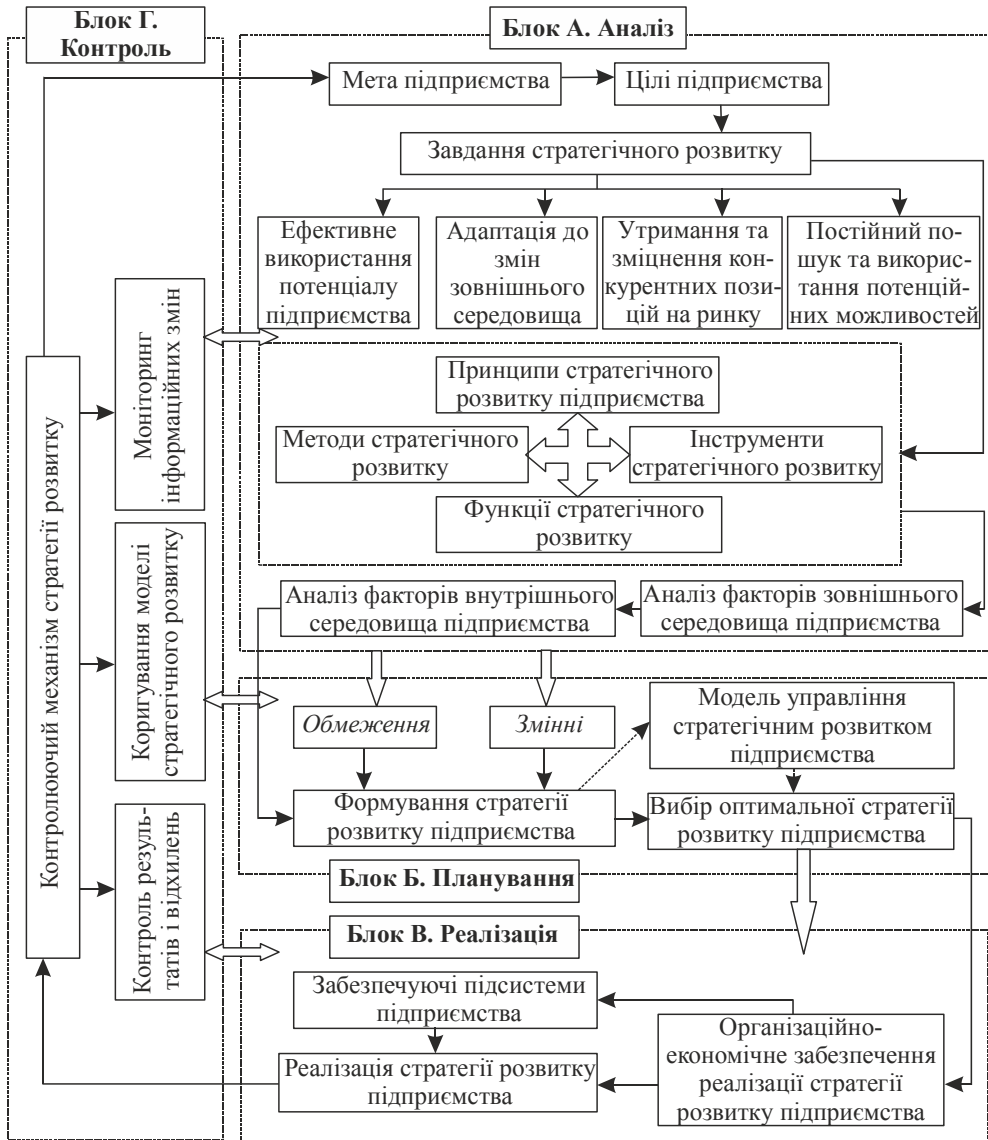
Термін «механізм» у науковій літературі використовується досить широко. Так, Г. Гегель [11] ототожнював механізм із науковою категорією, в якій втілювалася форма об'єктивності теорії буття; К. Маркс [4] пов'язував поняття механізму з «капіталістичним способом виробництва», тобто розглядав механізм як взаємодію системи господарської організації й розвитку суспільства; Л. Абалкін [1] називає механізмом сукупність штучних, рухомоз'єднаних ланок, які здійснюють задані рухи, причому кожному положенню однієї ланки відповідає певне положення інших ланок. Очевидно, що таке тлумачення має вузькотехнічне значення, але воно дає уявлення про механізм управління, який складається із різних взаємопов'язаних ланок, що включають й інші. Економічна енциклопедія [3] подає механізм як систему, пристрій, спосіб, що визначає порядок діяльності, а також як систему певних елементів, що приводить у дію внутрішній пристрій машини, устаткування тощо.

Механізм забезпечення стратегічного розвитку передбачає розробку обґрунтованих заходів і планів досягнення поставленої мети, у яких враховані науково-технічний потенціал підприємницької структури та її виробничозбутові можливості. При розробці стратегічних позицій підприємства користуються певними показниками (як якісними, так і кількісними). Якісні показники на практиці називаються орієнтирами, кількісні — завданнями. Орієнтир — це більш віддалена мета, якої підприємство прагне досягти шляхом розробки стратегії. Визначення мети є більш конкретним рівнем прийняття рішень, що вимагає розробки відповідних стратегічних завдань. Стратегія, розроблена для досягнення однієї мети, може бути непридатна для досягнення іншої мети. Між орієнтирами, метою і стратегією існують тісний взаємозв'язок і взаємозалежність. Наприклад, показник частки ринку може служити й орієнтиром, і метою, а може бути і стратегією.

Механізм управління стратегічним розвитком у трактовці В.М. Сердюк [10] є сукупністю інструментів і методів впливу на діяльність суб'єктів господарювання, що узгоджують інтереси взаємодіючих сторін. Він розглядається О.В. Раєвською [7] як найбільш активна частина системи управління, здатна забезпечити цілеспрямований розвиток підприємства. На думку вченої, такий механізм є сукупністю засобів управління (інструменти і важелі процесу розвитку), організаційних і економічних методів управління (способи, прийоми і технології щодо засобів управління). Глибина вивчення даного питання підтверджується обґрунтуванням компонентів механізму (мета і критерії її досягнення, фактори і методи управління, ресурси підприємства) і сукупності локальних механізмів — складових загального механізму (механізм управління цілями розвитку, механізм діагностики, механізм прийняття рішень з управління розвитком підприємства), що в цілому утворюють прикладний рівень формування механізму управління розвитком підприємства.



Узагальнивши різні підходи до визначення сутності механізму, основних елементів та взаємозв'язків між ними, можемо сформуванати власний механізм стратегічного розвитку підприємства (рис. 1).



**Рис. 1. Механізм стратегічного розвитку підприємства,**  
розроблено автором на основі [2; 6; 9]

Запропонований механізм складається з чотирьох великих блоків: аналіз, планування, реалізація і контроль. Єдність та узгодженість вказаних складових є основою формування дієвого механізму, який надасть можливість забезпечити ефективне управління стратегічним розвитком на підприємстві.

Як складова механізму стратегічного розвитку блок аналізу є насамперед інформаційно-аналітичним, завдання якого полягає в послідовному стратегічному аналізі та підготовці вхідних даних у вигляді змінних та обмежень [9]. Даний блок передбачає встановлення мети та цілей стратегічного розвитку і визначення на їх основі конкретних завдань. Метою стратегічного розвитку підприємства є забезпечення стійкого економічного зростання і збалансованості бізнес-процесів для стабільного функціонування й прогресивного розвитку в майбутньому.

У складі блоку аналізу нами виокремлено окрему підсистему, структурними елементами якої виступають методи, принципи, функції та інструменти стратегічного розвитку. Для цілей управління стратегічним розвитком підприємства як динамічного процесу застосовують статистичні методи, методи факторного аналізу, економіко-математичного моделювання, прогнозування, які у поєднанні утворюють різні методики оцінки розвитку, вибору стратегії розвитку [2].

Основними принципами стратегічного розвитку підприємства визначено такі:

- безперервність — постійний, безперервний розвиток підприємства;
- комплексність — взаємоузгодженість всіх бізнес-процесів, напрямів і видів діяльності підприємства як єдиного цілого, що забезпечує зв'язок усіх підсистем;
- гнучкість — адаптація підприємства до змін середовища та забезпечення можливостей проведення своєчасних змін;
- інтегрованість — забезпечує інтегрованість процесу стратегічного розвитку із системою управління підприємством;
- оптимальність — необхідність вибору кращого варіанта з декількох можливих.

У процесі управління стратегічним розвитком підприємства головна мета, його основні завдання та принципи реалізуються через здійснення певних функцій. Досягнення стратегічного розвитку можливе за умови здійснення функцій прогнозування, організації і координування, стимулювання та активізації, моніторингу [6]. Обов'язковими елементами першого блоку є аналіз факторів зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства.

Блок Б — планування. Завдання планування полягає у дослідженні на основі вхідних даних альтернативних шляхів стратегічного розвитку відповідно до набору запропонованих змінних та обмежень і формуванні моделі стратегії розвитку, яка, з одного боку, задовольняє бачення керівництвом напрямів стратегічного розвитку підприємства, а з іншого — відображає реальний стан систем внутрішнього ресурсного забезпечення та зовнішніх потреб ринку.

Блок реалізації механізму стратегічного розвитку підприємства здійснюється шляхом взаємодії забезпечуючих підсистем підприємства та організаційно-економічного забезпечення реалізації стратегії розвитку.

Координація роботи механізму стратегічного розвитку підприємства полягає в узгодженні інформації між блоками механізму, при цьому відповідно до

обраного блоку контроль передбачено здійснювати за такими напрямками: контроль результатів і відхилень (блок В. Реалізація), коригування моделі стратегічного інноваційного розвитку відхилень (блок Б. Планування), моніторинг інформаційних змін (блок А. Аналіз).

Отже, механізм стратегічного розвитку підприємства повинен поєднувати в собі такі процеси: визначення вектора стратегічного розвитку, формування моделі стратегічного розвитку, розробка систем управління проектами розвитку, розробка інструментів контролю й аналізу результатів впровадження стратегії розвитку. При цьому робота механізму стратегічного розвитку підприємства повинна бути орієнтована на дотримання балансу між стратегічними пріоритетами та перспективними напрямками розвитку, мінімізацію економічних ризиків, побудову динамічної моделі вибору стратегії розвитку, здатної реагувати на зміни зовнішніх і внутрішніх факторів.

### **Висновки**

Існування та розвиток підприємства у сучасних умовах зумовлює необхідність використання основних положень стратегічного менеджменту і формулювання чіткої стратегії розвитку. Досягнення стратегічного розвитку підприємства можливе за рахунок побудови та застосування ефективного механізму стратегічного розвитку.

Подальші дослідження за цією темою передбачають розробку рекомендацій щодо впровадження механізму стратегічного розвитку на підприємстві.

### **Література**

1. *Абалкин Л.И.* Что такое хозяйственный механизм? / Л.И. Абалкин. — Москва : Мысль, 1980. — 75 с.
2. *Гаркуша О.Ю.* Концептуальний підхід до формування механізму управління розвитком виноробного підприємства / О.Ю. Гаркуша // Вісник Херсонського державного університету. — 2014. — Вип. 6. — Ч. 2. — С. 128—133.
3. *Економічна енциклопедія* : у 3-х т. / [уклад. Б.Д. Гаврилишин, О.А. Устенко та ін., ред. С.В. Мочерний]. — Т. 2. — Київ : Академія, 2001. — 848 с.
4. *Маркс К.* Сочинення. — Т. 30 / К. Маркс, Ф. Энгельс — [2-е изд.]. — Москва. — Госполитиздат, 1963. — 795 с.
5. *Мельник Л.Г.* Основи саморозвитку систем / Л.Г. Мельник // Механізм регулювання економіки. — 2010. — № 2. — С. 12—20.
6. *Пащенко О.П.* Стратегічне управління розвитком підприємства / О.П. Пащенко // Вісник Хмельницького національного університету. — 2011. — № 2. — Т. 2. — С. 99—103.
7. *Раєвська О.В.* Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі: монографія / О.В. Раєвська. — Харків : ВД «ІНЖЕК», 2006. — 496 с.
8. *Райко Д.В.* Стратегічне управління розвитком маркетингової діяльності: методологія та організація: монографія / Д.В. Райко. — Харків : ВД «ІНЖЕК», 2008. — 632 с.
9. *Рогоза М.Є.* Стратегічний інноваційний розвиток підприємств: моделі та механізми: монографія / М.Є. Рогоза, К.Ю. Вергал. — Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011. — 136 с.
10. *Сердюк В.Н.* Концепція управління стратегічним розвитком машиностроительных предприятий / В.Н. Сердюк // Науковий вісник НЛТУ України. — 2013. — Вип. 23.18. — С. 155—161.
11. *Філософський енциклопедичний словник* / [відп. ред. Шинкарук В.І.]. — Київ : Абрис, 2002. — 742 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

С.Ю. Кондратюк, С.П. Дунда

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены различные взгляды ученых относительно сущности развития предприятия и раскрыто авторское понимание данного понятия. Определено, что предлагают понимать под этим механизмом отечественные и зарубежные ученые. Исследованы основные теоретические аспекты формирования механизма стратегического развития предприятия, обоснована необходимость его применения. Определены основные элементы и предложен механизм стратегического развития предприятия, использование которого обеспечит эффективное функционирование, а также развитие субъекта хозяйствования в долгосрочной перспективе.*

**Ключевые слова:** стратегия, развитие, стратегическое развитие, управление, механизм.

УДК 331.5

## **USING THE RESULTS OF RATIG EVALUATION OF THE INDIVIDUAL LABOR SUPPLY CHARACTERISTICS IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

**L. Maznyk**

*National University of Food Technologies*

**K. Maznyk**

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

---

**Key words:**

*Assessment  
Rating  
Individual supply  
Labor  
Students  
Characteristics  
Quality*

---

**Article history:**

Received 10.01.2017  
Received in revised form  
18.01.2017  
Accepted 03.02.2017

---

**Corresponding author:**

L. Maznyk  
**E-mail:**  
solieri@i.ua

---

---

**ABSTRACT**

The necessity of pedagogical approaches correction according to the results of rating of individual characteristics of the labor force is justified in the article. These characteristics are discussed in details and the choice of the most important characteristics for conducting a survey is justified. Such assessment is carried out on the base of a survey of students of the specialty "Personnel Management and Labour Economics" of different years of study. The authors have validated the results using relevant statistical coefficients and criteria. The survey results allow to harmonize the interaction of all participants of the educational process in order to develop the appropriate competencies of the university students.

## **ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РЕЙТИНГОВОЇ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ РОБОЧОЇ СИЛИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

**Л.В. Мазник**

*Національний університет харчових технологій*

**К.С. Мазник**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»*

*У статті обґрунтовано необхідність корегування педагогічних підходів у навчальному процесі на основі рейтингової оцінки індивідуальних характеристик робочої сили та обґрунтовано вибір найбільш важливих для проведення опитування. Оцінку проведено на основі опитування студентів спеціальності «Управління персоналом та економіка праці» різних років навчання з валідацією результатів на основі відповідних статистичних коефіцієнтів і критеріїв. Результати дослідження дають змогу гармонізувати*

взаємодію всіх суб'єктів навчального процесу з метою формування відповідних компетенцій для студентів вищих навчальних закладів.

**Ключові слова:** оцінка, рейтинг, індивідуальна пропозиція, робоча сила, студенти, характеристики, якість.

**Постановка проблеми.** Вивчення різноманітних характеристик індивідуальної пропозиції на ринку праці, їх комбінацій і рейтингування таких характеристик — важливе завдання для гармонійного формування відповідних компетенцій для студентів вищої школи. Враховуючи зростаючу конкуренцію на ринку праці, тенденції до збільшення структурної невідповідності між ринковим попитом і пропозицією робочої сили, дуже важливо визначити пріоритетність окремих характеристик.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичним і прикладним проблемам вивчення факторів впливу на індивідуальну пропозицію праці і, особливо, її якість присвячені сучасні економічні розробки А.М. Колота (соціально-трудові відносини і економіка знань), О.А. Грیشнової (складові людського капіталу), С.О. Цимбалюк (технології управління персоналом, особливо практичні аспекти підбору персоналу), Л.П. Червінської (управління та стимулювання інноваційної діяльності персоналу), Я.В. Крушельницької (фізіологія та психологія праці). Обраний аспект дослідження продиктував необхідність ознайомлення із сучасними досягненнями у сфері педагогіки вищої школи щодо існуючих підходів до підготовки студентів економічних спеціальностей. Однією з найбільш цікавих розробок у цьому напрямку є монографія Г.І. Матукової (стосовно підприємницької компетентності в підготовці студентів економічних напрямків). Однак, враховуючи концепцію суб'єкт-суб'єктного підходу в педагогіці вищої школи, згідно з якою студенти є активними учасниками процесу викладання-навчання, що приходить на зміну суб'єкт-об'єктного підходу (згідно з яким студенти є пасивними учасниками цього процесу), пропонується вивчення саме ставлення студентів до найважливіших характеристик індивідуальної пропозиції на ринку праці.

**Мета статті:** на основі обґрунтованого вибору характеристик робочої сили на ринку праці визначити пріоритетні характеристики для студентів різних років навчання, пояснити диференціацію пріоритетів для подальшого корегування педагогічних підходів.

**Виклад основних результатів дослідження.** До основних характеристик індивідуальної пропозиції робочої сили віднесені: загальна та професійна освіта, досвід, навички, якість робочої сили (фізіологічні здібності, соціально-психологічні, адаптивність, професійна придатність), особисті характеристики (вік, здоров'я, швидкість реакції, зріст, зовнішність).

Розглянемо ці характеристики більш детально. Освіта — це цілеспрямований процес навчання і виховання в інтересах людини, суспільства, держави, що супроводжується констатацією досягнення громадянином встановлення державою освітньо-кваліфікаційних рівнів (освітніх рівнів, освітніх ступенів). У широкому розумінні слова «освіта» охоплює всі форми

навмисного й ненавмисного впливу середовища на людину, які поряд із самоосвітою та самовихованням мають своїми результатами формування і розвиток її особистості. Професійні знання визначаються рівнем розвитку людини, що базується на її розумових здібностях, досвіді, освіті, необхідних для виконання конкретного виробничого завдання. Сюди можна віднести здібності думати і розмірковувати, знання про способи дії і можливості застосування необхідних для виконання роботи методів, процесів і засобів виробництва або засобів праці, їх вірний вибір, досвід використання або поводження з ними, а також знання виробничих зв'язків і співвідношень. При цьому достатньо дискусійним є те, на чому більшою мірою ґрунтуються необхідні знання — на освіті чи на досвіді [2].

За загальноприйнятим визначенням, досвід роботи — це сукупність знань, умінь, які здобуваються в житті, на практиці. Статтею 48 Кодексу законів про працю України визначено, що основним документом про трудову діяльність працівника є трудова книжка. Однак запис у ній не може підтвердити наявний досвід роботи, а фіксує лише трудовий стаж (пояснювальна записка до проекту Закону України «Про внесення змін до законодавчих актів України з питань створення фермерських господарств»).

Навички людини визначаються її фізичними даними, необхідними для виконання виробничого завдання. Вправність заснована на постановці та тренуванні спритності, досвіді й умінні пристосовуватися. Вона виявляється у швидкості, впевненості та точності рухів людини [5].

Під якістю робочої сили розуміється комплексне поняття, яке охоплює сукупність таких властивостей людини, як рівень освіти і кваліфікації, фізіологічні, фізичні, соціально-психічні характеристики, здатність адаптуватися до умов виробництва, професійну орієнтованість і мобільність. Якість робочої сили — це сукупність людських характеристик, що проявляються в процесі праці й включають в себе кваліфікацію та особисті якості працівника: стан здоров'я, розумові (інтелектуальні) здібності, здатність адаптуватися, гнучкість, мобільність, мотивованість, інноваційність, професійну придатність, моральність тощо

Особисті характеристики включають фізичні дані, розумові здібності, спеціальні нахили, інтереси та характер особи, адаптованість, мотивованість, професійну орієнтованість, професійну придатність, інноваційність. До фізичних характеристик людини відносяться її вік, стан здоров'я, швидкість реакції, зовнішність, зріст, фізичні дані тощо. Вік є важливою особистою характеристикою якості робочої сили, оскільки рівень трудової активності людини, її працездатність та пізнавальні здібності залежать від стадій її життєвого циклу (період підготовки до трудової діяльності, період активної трудової діяльності та період її припинення). Стан здоров'я — це певний рівень досконалості саморегуляції організму, фізичної і соціальної адаптації людини, недопущення і швидкості подолання хвороб. Він проявляється у комфортності фізичного, розумового і соціального самопочуття людини. Стан здоров'я значною мірою визначає спосіб життя людини: рівень соціальної, економічної і трудової активності, міру міграційної рухливості, прилучення до сучасних досягнень

культури, науки, мистецтва, техніки і технології, характер і способи проведення дозвілля і відпочинку. В той же час стиль життя людини, міра її активності, особливо у трудовій діяльності, багато в чому визначають стан її здоров'я. Такий взаємозв'язок відкриває великі можливості для профілактики та покращання здоров'я. Від рівня здоров'я і фізичного розвитку залежить можливість участі людини у певних видах трудової діяльності. Вже на етапі вибору спеціальності і виду професійного навчання вирішується проблема психофізіологічної відповідності особи конкретним видам професійної діяльності як етап визначення професійної придатності. Рівень здоров'я населення здійснює величезний вплив на продуктивність суспільної праці, і таким чином на динаміку економічного розвитку суспільства. [5]

Узагальнюючи характеристики для проведення рейтингування, студентам була запропонована анкета, в якій слід було присвоїти вагові коефіцієнти окремим характеристикам від 0 до 1, щоб сума ваг дорівнювала одиниці (табл. 1).

*Таблиця 1. Характеристики індивідуальної пропозиції робочої сили на ринку праці*

№	Фактори
1	Загальна і професійна освіта
2	Досвід
3	Навички
4	Якість робочої сили
4.1.	Фізіологічні здібності
4.2.	Соціально-психологічні
4.3.	Адаптивність
4.4.	Професійна придатність
5	Особисті характеристики
5.1.	Вік
5.2.	Здоров'я
5.3.	Швидкість реакції
5.4.	Зріст
5.5.	Зовнішність

Для оцінки однорідності сукупності опитаних студентів за окремими характеристиками використаний коефіцієнт варіації квадратичний:

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma}{x}. \quad (1)$$

Слід враховувати, що цей коефіцієнт може варіюватися по окремих характеристиках, тому для оцінки узагальноної міри узгодженості думок за всіма напрямками (факторами, параметрами) використовується коефіцієнт конкордації:

$$K_{\text{кон}} = \frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{\frac{1}{12} \left[ m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_i \right]}, \quad (2)$$

де  $m$  — кількість опитаних студентів;  $n$  — кількість характеристик.

Статистичне значення коефіцієнта конкордації перевірено на основі розрахунку критерію Пірсона та порівняння його з відповідним табличним значенням:



$$\chi^2 = \frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{\frac{1}{12} \left[ mn(n+1) - \frac{1}{10-1} \sum_{j=1}^m T_i \right]}$$

Викладачами вищої школи традиційно вважається, що освіта є найбільш важливою характеристикою індивідуальної пропозиції праці. Проведене опитування щодо рейтингу характеристик пропозиції робочої сили серед студентів 2-го, 4-го, 5-го курсів спеціальності «Управління персоналом та економіка праці» Національного університету харчових технологій довело, що освіту на перше місце поставили студенти 2-го курсу (табл.2), на друге — якість, третє місце — особисті якості, четвєрте — навички, п'яте — досвід.

Результати розрахунків свідчать про достатню однорідність сукупності опитаних студентів за всіма ознаками, окрім особистих характеристик (значення коефіцієнта варіації перевищує 33%). Однак загальна міра узгодженості думок групи достатня для висновку про загальну однорідність опитаної групи.

*Таблиця 2. Результати опитування студентів 2-го курсу спеціальності «Управління персоналом та економіка праці» щодо вагомості індивідуальних характеристик робочої сили на ринку праці (опитування проводилось протягом 3 років, кількість опитаних осіб — 75)*

№	Характеристики	Коефіцієнт варіації квадратичний $V_{\sigma} = \frac{\sigma}{x}$	Середня вагомість	Ранг	Коефіцієнт конкордації (багатофакторний коефіцієнт рангової кореляції)
1	Загальна і професійна освіта	0,1160	30,85	1	0,763 Застосовано для оцінки узагальноної міри узгодженості думок по всім характеристикам
2	Досвід	0,2698	14,31	5	
3	Навички	0,2799	17,54	4	
4	Якість робочої сили	0,2513	19,23	2	
5	Особисті характеристики	0,3560	18,08	3	

Такі результати, ймовірно, є наслідком «романтичного» періоду в студентському житті, переконанні в правильному виборі. Але при проведенні опитування серед студентів 4-го курсу перший рейтинг отримала характеристика «якість робочої сили», а «освіта» опинилась на третьому місці після характеристики «досвід» (табл. 3).

Усі аналітичні розрахунки вказують на дуже однорідний розподіл думок, особливо стосовно зарактеристики «якість робочої сили». Результат опитування «майже бакалаврів» свідчить про те, що більше половини анкетованих студентів працюють і тому на перших етапах трудової кар'єри їм здається, що така характеристика починає переважати. Студенти починають вважати себе самостійними, незалежними, іронічно сприймають викладацькі та батьківські рекомендації і настанови. Саме тому характеристики «якість робочої сили» та «досвід» займають перші місця, а характеристика «освіта» змістилась на третє місце.

*Таблиця 3. Результати опитування студентів 4-го курсу спеціальності «Управління персоналом та економіка праці» щодо вагомості індивідуальних характеристик робочої сили на ринку праці (опитування проводилось протягом 3 років, кількість опитаних осіб — 81)*

№	Характеристики	Коефіцієнт варіації квадратичний $V_{\sigma} = \frac{\sigma}{x}$	Середня вагомість	Ранг	Коефіцієнт конкордації (багатофакторний коефіцієнт рангової кореляції)
1	Загальна і професійна освіта	0,2207	18,85	3	0,845 Застосовано для оцінки узагальноної міри узгодженості думок по всім характеристикам
2	Досвід	0,2046	21,85	2	
3	Навички	0,2777	17,62	4	
4	Якість робочої сили	0,0921	31,54	1	
5	Особисті характеристики	0,3162	10,15	5	

Результати анкетування студентів 5-го курсу щодо пріоритетності досліджуваних характеристик значною мірою збігаються з результатами опитування студентів 2-го курсу (табл. 4). Але відповіді цих студентів більш узгоджені, практично однотайні.

Розрахункові показники варіабельності думок вказують на стабільну однорідність думок. Причому найбільш дискусійною виявляється характеристика «освіта», хоча вона займає перше місце, а на другому місці — «досвід», що вказує на певну зрілість уподобань майбутніх кар'єристів. Отже, «майже магістри» згодні із беззаперечною пріоритетністю загальної і професійної освіти. Поясненням цього може бути те, що більший практичний досвід переконує у необхідності постійно оновлювати знання, розвиватися, «студіювати» нову інформацію [6].

*Таблиця 4. Результати опитування студентів 5-го курсу спеціальності «Управління персоналом та економіка праці» щодо вагомості індивідуальних характеристик робочої сили на ринку праці (опитування проводилось протягом 3 років, кількість опитаних осіб — 61)*

№	Характеристики	Коефіцієнт варіації квадратичний $V_{\sigma} = \frac{\sigma}{x}$	Середня вагомість	Ранг	Коефіцієнт конкордації (багатофакторний коефіцієнт рангової кореляції)
1	Загальна і професійна освіта	0,1160	30,00	1	0,711 Застосовано для оцінки узагальноної міри узгодженості думок по всім характеристикам
2	Досвід	0,2698	20,08	2	
3	Навички	0,2799	17,00	4	
4	Якість робочої сили	0,2513	15,00	5	
5	Особисті характеристики	0,3560	17,92	3	

### **Висновки**

Враховуючи сучасний досвід розробок посадових інструкцій залежно від особливостей конкретного робочого місця з використанням спеціальних методик, працівникам кадрових служб слід розробляти конкретні вимоги до

якості робочої сили. Нехтування таким потенційним інструментом, який дасть змогу «вбудуватися» в контекст майбутньої посади, є просто неприпустимим.

Усвідомлення пріоритетності характеристик індивідуальної пропозиції на ринку праці надасть можливість і студентам, і викладачам гармонізувати зміст навчального процесу, підвищити його мотивованість незалежно від віку, спеціальності та інших ознак.

### **Література**

1. *Колот А.М.* Соціально-трудова сфера: стан відносин, нові виклики, тенденції розвитку : монографія / А.М. Колот. — Київ : КНЕУ, 2010. — 251 с
2. *Грیشнова О.А.* Фіктивний людський капітал: сутність, характерні особливості, чинники формування / О.А. Грیشнова, О.Г. Брінцева // Демографія та соціальна економіка. — 2015. — № 1. — С. 90—101 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>.
3. *Цимбалюк С.О.* Технології управління персоналом: навч. посіб. / С.О. Цимбалюк. — Київ : КНЕУ, 2009. — 399 с.
4. *Червінська Л.П.* Управління інноваційною діяльністю персоналу : монографія / Л.П. Червінська. — Київ : КНЕУ, 2014. — 194 с.
5. *Крушельницька Я.В.* Фізіологія і психологія праці [Текст] : підручник / Я.В. Крушельницька. — Київ : КНЕУ, 2014. — 463 с.
6. *Матукова Г.І.* Підприємницька компетентність майбутніх фахівців економічного профілю: теорія і практика: [монографія] / Г.І. Матукова. — Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. — 542 с.
7. *Liana Maznyk* Rating evaluation of characteristics of individual labor supply in the labor market . 8 th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. — 23—26 May 2016. — Kyiv : NUFT, 2016. — 314 p.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ СИЛЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Л.В. Мазник**

*Національний університет пищевых технологий*

**К.С. Мазник**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського»*

*В статье обоснована необходимость корректировки педагогических подходов в учебном процессе в соответствии с результатами рейтинговой оценки индивидуальных характеристик рабочей силы и выбор наиболее важных из них для проведения опроса. Оценка проведена на основе опроса студентов специальности «Управление персоналом и экономика труда» разных лет обучения с валидацией результатов на основе соответствующих статистических коэффициентов и критериев. Результаты исследования позволяют гармонизировать взаимодействие всех субъектов учебного процесса с целью формирования соответствующих компетенций у студентов высших учебных заведений.*

**Ключевые слова:** *оценка, рейтинг, индивидуальное предложение, рабочая сила, студенты, характеристики, качество.*

## REGRESSION EQUATIONS FOR DETERMINING THERMAL CONDUCTIVITY $\lambda$ OF INTERCRYSTALLINE SUCROSE SOLUTION AT SUGAR MASSECUITE BOILING

T. Pogorilyy

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Thermal conductivity  
Regression equation  
Intercrystalline sucrose  
solution  
Massecuite*

**Article history:**

Received 23.01.2017  
Received in revised form  
01.02.2017  
Accepted 27.02.2017

**Corresponding author:**

T. Pogorilyy  
E-mail:  
pogorilyytm@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article describes the further stage of creating a mathematical model of mass crystallization of sucrose. When creating an algorithm for determining the distribution of heat and diffusion mass flows between the components of the cell system of 'sucrose solution–sugar crystal–massecuite', the regression equations of distributions were found for thermal conductivity  $\lambda$  of intercrystalline sucrose solution throughout the sugar massecuite boiling time. In the equations, thermal conductivity  $\lambda$  depends on the current temperature T solution and and dry solids DS content in it. Each of the developed regression equations is built on the basis of experimental data obtained by several authors using the method of Ordinary Least Squares.

## РЕГРЕСІЙНІ РІВНЯННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ $\lambda$ МІЖКРИСТАЛЬНОГО РОЗЧИНУ САХАРОЗИ ПРИ УВАРЮВАННІ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ

Т.М. Погорілий

Національний університет харчових технологій

У статті реалізовано один із наступних етапів створення математичної моделі процесу масової кристалізації сахарози. При створенні алгоритму проведення розрахунків із визначення розподілу теплових і дифузійних масових потоків між складовими системи комірок «розчин сахарози–кристал цукру–ульфелю» було знайдено регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози при уварюванні цукрового ульфелю. В отриманих рівняннях величина теплопровідності  $\lambda$  залежить від поточної температури T розчину та вмісту сухих речовин CP в ньому. Кожне із знайдених регресійних рівнянь побудовано на основі обробки експериментальних даних, отриманих рядом авторів із застосуванням методу найменших квадратів.

**Ключові слова:** теплопровідність, регресійне рівняння, міжкристальний розчин сахарози, цукровий ульфелю.

**Постановка проблеми.** Усі регресійні рівняння, що наведені в даній статті, стосуються залежності величини теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози при уварюванні цукрового утфелю. Дані для регресійних рівнянь були отримані рядом авторів і наведені в літературних джерелах [1; 2]. Отримані залежності для теплопровідності  $\lambda$  є достатньо складними й такими, що залежать не лише від поточної температури, а й від технологічних показників міжкристалного розчину сахарози: чистота  $\text{Ч}$  і вміст сухих речовин  $\text{CP}$ , регресійні рівняння яких вже було знайдено [3], які, у свою чергу, залежать від відносного часу уварювання цукрового утфелю  $\tau/\tau_{\text{ц}}$ .

При створенні математичної моделі нестационарного процесу тепло- та масообміну в системі комірок *кристал-міжкристальний розчин сахарози-утфель* [4; 5; 6; 7] необхідно врахувати, що між складовими даної системи комірок наявні значні перепади градієнта температур. Зважаючи на це, можна стверджувати, що всі теплофізичні характеристики кожної складової системи (кристалу, міжкристалного розчину сахарози та утфелю) матимуть явно виражений нестационарний характер. Тому постала необхідність у визначенні аналітичних (регресійних) рівнянь для таких теплофізичних характеристик, як густина  $\rho$ , об'ємна теплоємність  $c \cdot \rho$  і теплопровідність  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози при уварюванні цукрового утфелю. На третьому етапі визначено регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози протягом усього часу уварювання цукрового утфелю.

**Мета дослідження:** знайти регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози при масовому уварюванні цукрового утфелю.

**Матеріали і методи.** Для вирішення поставленої проблеми використані програмні продукти (CurveExpert), що базуються на методі найменших квадратів. Створення регресійних кривих здійснено на основі експериментальних даних, широко висвітлених у літературі [1; 2].

Пошук регресійних рівнянь для теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози проводився на всьому інтервалі уварювання цукрового утфелю  $0 \leq \tau/\tau_{\text{ц}} \leq 1$ . Критерієм адекватності знайдених регресійних рівнянь слугували коефіцієнт кореляції  $r$ , ( $0 \leq r \leq 1$ ), який повинен якомога більше прагнути до одиниці,  $r \rightarrow 1$ , та середньо квадратичне відхилення  $s$ , що повинне якомога більше прагнути до нуля  $s \rightarrow 0$ .

**Результати і обговорення.** Наведемо отримані регресійні рівняння для визначення величини теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози, для цього розглянемо два різних випадки залежності величини теплопровідності  $\lambda$  від вмісту сухих речовин  $\text{CP}$  міжкристалного розчину сахарози:

1. Більш «широкий» інтервал, де величина вмісту сухих речовин  $\text{CP}$  змінювалась у межах  $\text{CP} \in [0 \dots 90]$ , %.

2. Більш «вузький», де величина  $\text{CP}$  змінювалась у межах  $\text{CP} \in [26 \dots 90]$ , %.

Такий вибір обумовлений тим, що подальший розрахунок процесу тепло- та масообміну між складовими вищезгаданої системи комірок розглядається в різні моменти відносного часу уварювання  $\tau/\tau_{\text{ц}}$ . Відповідно до кожного

відносного моменту часу  $\tau/\tau_{\text{ц}}$  уварювання цукрового утфелю будуть визначатись відповідні значення вмісту сухих речовин  $CP$  у міжкристальному розчині сахарози [3].

Величини температур  $T$  в обох розглянутих вище випадках вибору вмісту сухих речовин  $CP$  при проведенні пошуку регресійних рівнянь приймались однаковими в межах  $T \in [30 \dots 130], ^\circ\text{C}$ . Зрозуміло, що для більш «широкого» інтервалу зміни величина вмісту  $CP$ , ( $CP \in [0 \dots 90], \%$ ), який буде охоплювати більший період часу уварювання цукрового утфелю, рівняння регресії для величини теплопровідності  $\lambda$  мають більш складний характер. Це, у свою чергу, впливає на збільшення часу проведення розрахунків з визначення нестационарного розподілу температур і дифузійного масообміну між складовими комірками.

Для випадку більш «вузького» інтервалу зміни вмісту сухих речовин  $CP$  ( $CP \in [26 \dots 90], \%$ ) у міжкристальному розчині, який описує менший період відносного часу уварювання цукрового утфелю, рівняння регресії мають простіший характер, що призводить до значного скорочення часу проведення розрахунків з визначення нестационарного розподілу температур і дифузійного масообміну.

Таким чином, у першому випадку для теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози, яка залежить від двох змінних — вмісту сухих речовин  $CP$ ,  $CP \in [0 \dots 90], \%$  і температури  $T$ ,  $T \in [30 \dots 130], ^\circ\text{C}$ , було проведено ряд досліджень. У результаті знайдено узагальнюючий вираз регресійного рівняння у вигляді полінома третього порядку:

$$\lambda(T, CP) = a_{\lambda_{3,i}}(CP) + b_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T + c_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T^2 + d_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T^3, \quad (1)$$

$$30 \leq T \leq 130,$$

що найкращим чином описує зміни функції теплопровідності  $\lambda$  і в той же час є найбільш простим з усіх знайдених регресійних кривих по даному пункту. Серед усіх отриманих регресійних рівнянь у вигляді полінома третього порядку як показник адекватності отриманих рівнянь було вибрано мінімальний коефіцієнт кореляції, що складає  $r = 0,9982320$ , та відповідне йому значення середньо квадратичного відхилення  $s = 0,0008876$ .

Коефіцієнти  $a_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $b_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $c_{\lambda_{3,i}}(CP)$  та  $d_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$  залежать від змінної величини вмісту сухих речовин  $CP$ ,  $0 \leq CP \leq 90, \%$ , міжкристального розчину сахарози. Регресійні рівняння для кожного з них наведено нижче.

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $a_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 3$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$a_{\lambda_{3,1}}(CP) = 0,55247353 - 0,0011216634 \cdot CP - 8,1834226 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2 +$$

$$+ 6,047592 \cdot 10^{-7} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (2)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9984921$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0069128$ ;

б)

$$a_{\lambda_{3,2}}(CP) = 0,56462761 - 0,0038874795 \cdot CP - 4,0464492 \cdot 10^{-7} \cdot CP^2, \quad (3)$$
$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9938953$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0131803$ ;

в)

$$a_{\lambda_{3,3}}(CP) = 0,56516298 - 0,0039259137 \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (4)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9938926$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0125697$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $b_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 3$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$b_{\lambda_{3,1}}(CP) = 0,0026212095 - 3,0385302 \cdot 10^{-5} \cdot CP + 1,4879961 \cdot 10^{-6} \cdot CP^2 - 1,1956705 \cdot 10^{-8} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (5)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8800336$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002582$ ;

б)

$$b_{\lambda_{3,2}}(CP) = 0,002380911 + 2,4297698 \cdot 10^{-5} \cdot CP - 1,219496 \cdot 10^{-7} \cdot CP^2, \quad (6)$$
$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,7631329$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0003333$ ;

в)

$$b_{\lambda_{3,3}}(CP) = 0,0025422585 + 1,2714603 \cdot 10^{-5} \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (7)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,7456027$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0003277$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $c_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 3$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$c_{\lambda_{3,1}}(CP) = -1,6690452 \cdot 10^{-5} + 4,9964592 \cdot 10^{-7} \cdot CP - 2,6615571 \cdot 10^{-8} \cdot CP^2 + 2,0560659 \cdot 10^{-10} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (8)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9610276$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000033$ ;

б)

$$c_{\lambda_{3,2}}(CP) = -1,2558298 \cdot 10^{-5} - 4,4067877 \cdot 10^{-7} \cdot CP + 1,0689321 \cdot 10^{-9} \cdot CP^2, \quad (9)$$

$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8989547$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000050$ ;

в)

$$c_{\lambda_{3,3}}(CP) = -1,3972566 \cdot 10^{-5} - 3,3914877 \cdot 10^{-7} \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (10)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8966544$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000048$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $d_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 3$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$d_{\lambda_{3,1}}(CP) = 3,0106792 \cdot 10^{-8} - 1,3580261 \cdot 10^{-9} \cdot CP + 9,2794773 \cdot 10^{-11} \cdot CP^2 - 7,63937 \cdot 10^{-13} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (11)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9481498$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ ;

б)

$$d_{\lambda_{3,2}}(CP) = 1,4753659 \cdot 10^{-8} + 2,1357764 \cdot 10^{-9} \cdot CP - 1,006777 \cdot 10^{-11} \cdot CP^2, \quad (12)$$

$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8811147$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ ;

в)

$$d_{\lambda_{3,3}}(CP) = 2,8073993 \cdot 10^{-8} + 1,179513 \cdot 10^{-9} \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (13)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8649702$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ .

Для першого випадку зміни вмісту сухих речовин  $CP$  на основі проведених досліджень для величини теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози, яка залежить від двох змінних — вмісту сухих речовин  $CP$  на інтервалі  $CP \in [0...90]$ , % і температури  $T$ ,  $T \in [30...130]$ , °C, було отримано вираз узагальнюючого регресійного рівняння:

$$\lambda(T, CP) = a_{\lambda_{H,i}}(CP) \cdot \left( b_{\lambda_{H,i}}(CP) \right)^T \cdot T^{c_{\lambda_{H,i}}(CP)}, \quad 30 \leq T \leq 130, \quad (14)$$

яке з усіх інших отриманих видів регресійних рівнянь найкращим чином описує зміни функції теплопровідності  $\lambda$  і для якого потрібно знайти меншу кількість коефіцієнтів  $a_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $b_{\lambda_{H,i}}(CP)$  та  $c_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , ніж для полінома третього порядку (1). Серед усіх отриманих регресійних рівнянь у вигляді (14) як показник адекватності отриманих рівнянь було вибрано



мінімальний коефіцієнт кореляції, що складає  $r = 0,9951335$ , та середньо квадратичне відхилення  $s = 0,0015974$ .

Коефіцієнти  $a_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $b_{\lambda_{H,i}}(CP)$  та  $c_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$  залежать від змінної величини вмісту сухих речовин  $CP$ ,  $0 \leq CP \leq 90$ , %, міжкристального розчину сахарози. Регресійні рівняння для них наведено нижче.

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $a_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$a_{\lambda_{H,1}}(CP) = \frac{0,3921635}{\left(1 + e^{-3,1804597 + 0,062469979 \cdot CP}\right)^{\frac{1}{1,449646}}}, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (15)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9949836$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0127884$ ;

б)

$$a_{\lambda_{H,2}}(CP) = 0,38367309 + 0,001100931 \cdot CP - 0,00011625703 \cdot CP^2 + 7,3057631 \cdot 10^{-7} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (16)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9941424$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0138162$ ;

в)

$$a_{\lambda_{H,3}}(CP) = 0,39835576 - 0,0022402992 \cdot CP - 1,7886438 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (17)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9875977$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0190409$ ;

г)

$$a_{\lambda_{H,4}}(CP) = 0,42202072 - 0,0039392003 \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (18)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9823743$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0216143$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $b_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$b_{\lambda_{H,1}}(CP) = \frac{0,99894459}{\left(1 + e^{-25,483772 + 0,56477645 \cdot CP}\right)^{\frac{1}{3256,4692}}}, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (19)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9941566$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0003571$ ;

б)

$$b_{\lambda_{H,2}}(CP) = 0,99876879 + 9,7352464 \cdot 10^{-5} \cdot CP - 3,1310691 \cdot 10^{-6} \cdot CP^2 + 1,2555079 \cdot 10^{-8} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (20)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9887055$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0004957$ ;

в)

$$b_{\lambda_{H,3}}(CP) = 0,99902111 + 3,9932852 \cdot 10^{-5} \cdot CP - 1,4405536 \cdot 10^{-6} \cdot CP^2, \quad (21)$$
$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9858080$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0005268$ ;

г)

$$b_{\lambda_{H,4}}(CP) = 1,0009271 - 9,6894733 \cdot 10^{-5} \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (22)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9338759$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0010699$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $c_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$c_{\lambda_{H,1}}(CP) = 0,39211238 + 0,26850254 \cdot \cos(0,02599537 \cdot CP + 2,6574614), \quad (23)$$
$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9861844$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0231171$ ;

б)

$$c_{\lambda_{H,2}}(CP) = 0,15169206 - 0,0035612804 \cdot CP + 0,00011477635 \cdot CP^2 -$$
$$-3,9759389 \cdot 10^{-7} \cdot CP^3, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (24)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9851829$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0239343$ ;

в)

$$c_{\lambda_{H,3}}(CP) = 0,14370147 - 0,0017429177 \cdot CP + 6,1241147 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2, \quad (25)$$
$$0 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9835456$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0239179$ ;

г)

$$c_{\lambda_{H,4}}(CP) = 0,062675327 + 0,0040739283 \cdot CP, \quad 0 \leq CP \leq 90, \quad (26)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9306662$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0461839$ .

У другому випадку вмісту сухих речовин  $CP$  на більш «вузькому» інтервалі для величини теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози, що залежить від двох змінних — вмісту сухих речовин  $CP$  на інтервалі  $CP \in [26...90]$ , % і температури  $T \in [30...130]$ , °C, було проведено ряд дослі-

дженъ. У результаті для теплопровідності  $\lambda$  міжкристалного розчину сахарози отримано вираз узагальнюючого регресійного рівняння у вигляді полінома третього порядку:

$$\lambda(T, CP) = a'_{\lambda_{3,i}}(CP) + b'_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T + c'_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T^2 + d'_{\lambda_{3,i}}(CP) \cdot T^3, \quad (27)$$

$$30 \leq T \leq 130,$$

що найкращим чином описує зміни функції теплопровідності  $\lambda$  і в той же час є найбільш простим з усіх знайдених регресійних кривих. Серед усіх отриманих регресійних рівнянь у вигляді полінома третього порядку як показник адекватності отриманих рівнянь було вибрано мінімальний коефіцієнт кореляції, що складає  $r = 0,9982320$ , та відповідне йому значення середньо квадратичного відхилення  $s = 0,0008876$ .

Коефіцієнти  $a'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $b'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $c'_{\lambda_{3,i}}(CP)$  та  $d'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$  залежать від змінної величини вмісту сухих речовин  $CP$ ,  $26 \leq CP \leq 90$ , %, міжкристалного розчину сахарози. Регресійні рівняння для кожного з них наведено нижче.

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $a'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$a'_{\lambda_{3,1}}(CP) = 0,3672 + 0,13758267 \cdot \cos(0,036170931 \cdot CP - 0,27411806), \quad (28)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9977059$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0070331$ ;

б)

$$a'_{\lambda_{3,2}}(CP) = 0,49817516 + 0,0021259098 \cdot CP - 0,00013878232 \cdot CP^2 +$$

$$+ 9,1361349 \cdot 10^{-7} \cdot CP^3, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (29)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9976283$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0138162$ ;

в)

$$a'_{\lambda_{3,3}}(CP) = 0,64576594 - 0,0069835385 \cdot CP + 2,5512919 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2, \quad (30)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9959876$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0086211$ ;

г)

$$a'_{\lambda_{3,4}}(CP) = 0,57749751 - 0,0040929294 \cdot CP, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (31)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9913202$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0120152$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $b'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 3$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$b'_{\lambda_{3,1}}(CP) = 0,0032531606 + 0,00049629756 \times \cos(0,084317293 \cdot CP + 0,45466229), \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (32)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8517079$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002683$ ;

б)

$$b'_{\lambda_{3,2}}(CP) = 0,0029042439 - 4,731353 \cdot 10^{-5} \cdot CP + 1,7848425 \cdot 10^{-6} \cdot CP^2 - 1,3566632 \cdot 10^{-8} \cdot CP^3, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (33)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8452497$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002736$ ;

в)

$$b'_{\lambda_{3,3}}(CP) = 0,00071260618 + 8,7956511 \cdot 10^{-5} \cdot CP - 6,5484687 \cdot 10^{-7} \cdot CP^2, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (34)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,8280877$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002706$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $c'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$c'_{\lambda_{3,1}}(CP) = \frac{1}{-97576,086 + 2000,661 \cdot CP - 13,511751 \cdot CP^2}, \quad 26 \leq CP < 90, \quad (35)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9494851$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000032$ ;

б)

$$c'_{\lambda_{3,2}}(CP) = -2,8810247 \cdot 10^{-5} + 1,333213 \cdot 10^{-5} \times \cos(0,05191058 \cdot CP - 0,7098761), \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (36)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9468750$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000035$ ;

в)

$$c'_{\lambda_{3,3}}(CP) = -1,8734548 \cdot 10^{-5} + 6,2190288 \cdot 10^{-7} \cdot CP - 2,8759419 \cdot 10^{-8} \cdot CP^2 + 2,172336 \cdot 10^{-10} \cdot CP^3, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (37)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9451039$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000035$ ;

г)

$$c'_{\lambda_{3,4}}(CP) = 1,6358713 \cdot 10^{-5} - 1,5440878 \cdot 10^{-6} \cdot CP + 1,0305731 \cdot 10^{-8} \cdot CP^2, \quad (38)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9363349$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000036$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $d'_{\lambda_{3,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$d'_{\lambda_{3,1}}(CP) = 1,2943619 \cdot 10^{-7} \cdot e^{\frac{-(CP-70,35455)^2}{229,588766^2}}, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (39)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9289657$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ ;

б)

$$d'_{\lambda_{3,2}}(CP) = -3,569032 \cdot 10^{-8} + 2,5772844 \cdot 10^{-9} \cdot CP +$$

$$+ 2,37868 \cdot 10^{-11} \cdot CP^2 - 3,8967677 \cdot 10^{-13} \cdot CP^3, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (40)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9249138$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ ;

в)

$$d'_{\lambda_{3,3}}(CP) = -9,8641119 \cdot 10^{-8} + 6,4626697 \cdot 10^{-9} \cdot CP -$$

$$- 4,628883 \cdot 10^{-11} \cdot CP^2, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (41)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9225824$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0000000$ .

Також для другого випадку вмісту сухих речовин  $CP$  на більш «вузькому» інтервалі для величини теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози, що залежить від двох змінних — вмісту сухих речовин  $CP$  на інтервалі  $CP \in [26 \dots 90]$ , % і температури  $T$ ,  $T \in [30 \dots 130]$ , °С, було проведено ряд досліджень. У результаті для теплопровідності  $\lambda$  міжкристального розчину сахарози отримано вираз узагальнюючого регресійного рівняння:

$$\lambda(T, CP) = a'_{\lambda_{H,i}}(CP) \cdot \left( b'_{\lambda_{H,i}}(CP) \right)^T \cdot T^{c'_{\lambda_{H,i}}(CP)}, \quad 30 \leq T \leq 130, \quad (42)$$

яке з усіх інших отриманих видів регресійних рівнянь найкращим чином описує зміни функції теплопровідності  $\lambda$  і для якого потрібно знайти меншу кількість коефіцієнтів  $a'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $b'_{\lambda_{H,i}}(CP)$  та  $c'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , ніж для полінома третього порядку (27). Серед усіх отриманих регресійних рівнянь у вигляді (42) як показник адекватності отриманих рівнянь було вибрано мінімальний коефіцієнт кореляції, що складає  $r = 0,9951335$ , та середньо квадратичне відхилення  $s = 0,0015974$ .

Коефіцієнти  $a'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $b'_{\lambda_{H,i}}(CP)$  та  $c'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $i = 1, 2, \dots$  залежать від змінної величини вмісту сухих речовин  $CP$ ,  $26 \leq CP \leq 90$ , %, міжкристального розчину сахарози. Регресійні рівняння для кожного з них наведено нижче.

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $a'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 5$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$a'_{\lambda_{H,1}}(CP) = 1,0491362 - 0,21601002 \cdot \ln(CP), \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (43)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9990008$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0043329$ ;

б)

$$a'_{\lambda_{H,2}}(CP) = 0,50477309 \cdot CP^{-0,0045513694 \cdot CP}, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (44)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9987777$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0047919$ ;

в)

$$a'_{\lambda_{H,3}}(CP) = 0,29398244 - 0,0025484904 \cdot CP + \frac{82,238418}{CP^2}, \quad (45)$$
$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9988534$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0049227$ ;

г)

$$a'_{\lambda_{H,4}}(CP) = 0,52674221 - 0,0079504493 \cdot CP + 3,3003724 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2, \quad (46)$$
$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9988367$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0049585$ ;

д)

$$a'_{\lambda_{H,5}}(CP) = 0,44468858 - 0,0042801189 \cdot CP, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (47)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9929581$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0114851$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $b'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$b'_{\lambda_{H,1}}(CP) = 0,99531762 + 0,00029420034 \cdot CP - 6,7522555 \cdot 10^{-6} \cdot CP^2 +$$
$$+ 3,3628425 \cdot 10^{-8} \cdot CP^3, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (48)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9956765$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002807$ ;

б)

$$b'_{\lambda_{H,2}}(CP) = 0,99387857 + 0,0056075993 \times \cos(0,025366571 \cdot CP - 0,28349459), \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (49)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9954559$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002877$ ;

в)

$$b'_{\lambda_{H,3}}(CP) = 1,001244 - 6,8647123 \cdot 10^{-5} \cdot CP - 4,4111523 \cdot 10^{-7} \cdot CP^2, \quad (50)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9948735$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0002858$ ;

г)

$$b'_{\lambda_{H,4}}(CP) = 1,0023407 - 0,00011770337 \cdot CP, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (51)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9934810$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0003038$ .

Регресійні рівняння для коефіцієнтів  $c'_{\lambda_{H,i}}(CP)$ ,  $1 \leq i \leq 4$ , отримали у такому вигляді:

а)

$$c'_{\lambda_{H,1}}(CP) = \frac{0,44574576}{\left(1 + e^{45,103353 - 0,53407304 \cdot CP}\right)^{\frac{1}{27,181067}}}, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (52)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9954793$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0119512$ ;

б)

$$c'_{\lambda_{H,2}}(CP) = \frac{1}{11,140393 - 0,17841987 \cdot CP + 0,00087794872 \cdot CP^2}, \quad (53)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9941248$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0127403$ ;

в)

$$c'_{\lambda_{H,3}}(CP) = 0,066705888 + 0,0022743842 \cdot CP + 2,3500901 \cdot 10^{-5} \cdot CP^2, \quad (54)$$

$$26 \leq CP \leq 90,$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9929422$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0139595$ ;

г)

$$c'_{\lambda_{H,4}}(CP) = 0,0082781116 + 0,0048879096 \cdot CP, \quad 26 \leq CP \leq 90, \quad (55)$$

з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,9906579$  та середньо квадратичним відхиленням  $s = 0,0151333$ .

**Висновки**

У результаті проведених досліджень отримано регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  міжкristального розчину сахарози протягом усього періоду уварювання цукрового утфелю  $0 \leq \tau/\tau_u \leq 1$ , які необхідні для проведення розрахунків нестационарних задач теплопровідності та дифузійного масообміну. Отримані регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  залежать від поточної температури  $T$  та вмісту сухих речовин  $CP$  у міжкristальному розчині сахарози цукрового утфелю. Регресійні рівняння для теплопровідності  $\lambda$  отримано для двох випадків вмісту сухих речовин у міжкristальному розчині сахарози:  $CP \in [0 \dots 90]$ , % та  $CP \in [26 \dots 90]$ , %. Для кожного з цих випадків вмісту сухих речовин представлено два різних види регресійних рівнянь.

**Література**

1. Попов В.Д. Основы теории тепло- и массообмена при кристаллизации сахарозы. — Москва : Пищевая промышленность, 1973. — 316с.
2. Кулинченко В.Р. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография / В.Р. Кулинченко, В.Г. Мирончук. — Київ : НУПТ, 2012. — 426 с.
3. Погорілий Т.М. Регресійні рівняння для визначення чистоти  $Ч$  і сухих речовин  $CP$  міжкristального розчину сахарози при уварюванні цукрового утфелю // Наукові праці НУХТ. — Київ : 2016. — Т. 22, № 5. — С. 142—157.
4. Pogorilyy T. The distribution of temperatures in the sucrose solution–sugar crystal–sucrose solution–massecuite cells depending on the boiling sugar massecuite time // Ukrainian Journal of Food Science. — Kyiv. — 2015. — Volume 3, Issue 1. — P. 139—148.
5. Pogorilyy T. Temperatures distribution in the «larger sugar crystal–larger crystal sucrose solution–less crystal sugar sucrose solution–smaller sugar crystal–massecuite» cells system depending on the boiling sugar massecuite time // Ukrainian Food Journal. — Kyiv. — 2015. — Volume 4, Issue 4. — P. 648—661.
6. Pogorilyy T. Simultaneous unsteady calculation of temperature distribution in the «larger sugar crystal–larger sugar crystal sucrose solution–less sugar crystal sucrose solution–smaller sugar crystal–massecuite» system cells and sucrose solutions cells concentrations in the same system depending on the boiling sugar massecuite time // Ukrainian Journal of Food Science. — Kyiv. — 2015. — Volume 3, Issue 2 — P. 322—341.
7. Pogorilyy T. Non-stationary sucrose diffusion mass flow calculation for sucrose solution cells from the «larger sugar crystal–larger sugar crystal sucrose solution–less sugar crystal sucrose solution–smaller sugar crystal–massecuite» system cells depending on the boiling sugar massecuite time // Ukrainian Food Journal. — Kyiv. — 2016. — Volume 5, Issue 2. — P. 350—367.

**РЕГРЕССИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ  $\lambda$  МЕЖКРИСТАЛЬНОГО РАСТВОРА САХАРОЗЫ ПРИ УВАРИВАНИИ САХАРНОГО УТФЕЛЯ**

**Т.М. Погорельий**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье реализован один из следующих этапов создания математической модели процесса массовой кристаллизации сахарозы. При создании алгоритма проведения расчетов по определению распределения тепловых и диффузных массовых потоков между составляющими системы ячеек*



«раствор сахарозы–кристалл сахара–утфель» были найдены регрессионные уравнения для теплопроводности  $\lambda$  межкристального раствора сахарозы при уваривании сахарного утфеля. В полученных уравнениях теплопроводность  $\lambda$  зависит от текущей температуры  $T$  раствора и содержания сухих веществ  $СВ$  в нем. Каждое из найденных регрессионных уравнений построено на основе обработки экспериментальных данных, полученных рядом авторов с применением метода наименьших квадратов.

**Ключевые слова:** теплопроводность, регрессионные уравнения, межкристальный раствор сахарозы, утфель.

## INNOVATIVE CONCEPT OF HYDRODYNAMIC MODELING IN A ROLLER BIOREACTOR WITH SURFACE CULTIVATION OF CELL CULTURES

A. Kopylenko

*National University of Food Technologies*

S. Semeniuk, V. Shybetskiy, S. Kostyk

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

---

**Key words:**

*Biotechnology  
Cell culture  
Hydrodynamics  
Roller  
Shear stress*

---

**Article history:**

Received 16.01.2017

Received in revised form

18.02.2017

Accepted 01.03.2017

---

**Corresponding author:**

A. Kopylenko

**E-mail:**

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

---

**ABSTRACT**

The article describes the modern constructions of bioreactors for cultivating cell cultures. The ways of using the analysis for technologies of deep and surface cultivation are described. A mathematical model was constructed in ANSYS environment for the simulation of mixing process flowing in a roller apparatus. The initial and boundary conditions have been chosen for the modeling task. Vector magnitudes and directions of the speed of liquid movement during the mixing have been established. The maximum peak of shear stress and the scope of its values were defined in the area of cells immobilization.

## СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ В РОЛЕРНОМУ БІОРЕАКТОРІ З ПОВЕРХНЕВИМ КУЛЬТИВУВАННЯМ КЛІТИННИХ КУЛЬТУР

A.B. Копиленко

*Національний університет харчових технологій*

С.М. Семенюк, В.Ю. Шибецький, С.І. Костик

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

*У статті розглянуто сучасні конструкції біореакторів для культивування клітинних культур. Проаналізовано способи реалізації технологій глибинного і поверхневого культивування. Побудовано математичну модель у середовищі ANSYS для моделювання процесу перемішування, що відбувається в ролерному апараті. Підібрано початкові та граничні умови задачі моделювання. Встановлено величини і напрями векторів швидкості руху рідини під час перемішування. Визначено максимальні значення напружень зсуву в зоні іммобілізації клітин та їх розвиток у часі.*

**Ключові слова:** біотехнологія, клітинні культури, гідродинаміка, ролер, напруження зсуву.

**Постановка проблеми.** Суттєвою відмінністю сучасної біотехнології є експлуатація клітинних культур — CHO, Vero, HeLa, ВНК тощо як біологічних агентів (БА), біосинтез яких спрямований на виробництво рекомбінантних білків, моноклональних антитіл і вакцин. Промислова фармацевтична біотехнологія при отриманні біологічно активних речовин (БАР), що слугують активними фармацевтичними інгредієнтами (АФІ), потребує забезпеченості біореакторами (ферментерами) з високофункціональними властивостями. Ця вимога сформульована в настанові СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016 «Лікарські засоби. Належна виробнича практика» і слугує запорукою отримання якісних безпечних і ефективних лікарських засобів (ЛЗ).

Суттєвою проблемою під час розробки систем культивування культур клітин є той факт, що більшість БА, що використовуються у виробництві АФІ та вакцин, дуже вимогливі до асептичності середовища, високовразливі до надлишкових напружень зсуву, вражаються бульбашками повітря та відносяться до поверхневозалежних, тобто таких, проліферація яких, як правило, можлива лише за умов прикріплення до біоафінної поверхні росту [2; 3]. Зазначені особливості клітинних культур суттєво обмежують використання традиційних конструкцій ферментерів, призначених для культивування суспензійних культур мікроорганізмів у традиційних біотехнологіях [4].

**Метою статті** є формування принципів інжинірингу при розробці конструкції промислового ролерного біореактора для вирощування клітинних культур на основі проведення модельних досліджень з використанням біологічних агентів в апаратах різних розмірів, а також розробка концепції конструювання біореакторів на основі математичного моделювання на платформі ANSYS.

**Виклад основних результатів дослідження.** З точки зору технологічного оформлення стадії культивування можна виділити два основних види культивування культур клітин (рис. 1).

1. Непроточна культура (періодичне культивування) — клітини знаходяться у фіксованому об'ємі поживного середовища (ПС), що в кінцевому результаті призводить до інгібування БА дефіцитом субстрату, взаємовпливом клітин і продуктами метаболізму. Такий спосіб культивування характерний для лабораторних маніпуляцій у пробірках, чашках Петрі, чашках Колле, що характеризується малим об'ємом і мінливістю зовнішніх умов (рис. 2).

2. Проточна культура — клітини культивуються у ПС що постійно змінюється, алгоритм відповідає завданням культивування і хемостатним, турбідостатним або іншим умовам регулювання проточної культури.

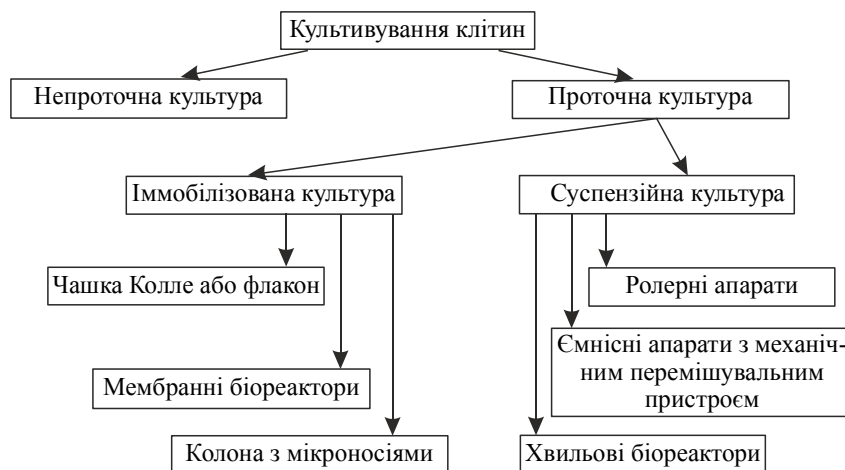
Введення енергії для гомогенізації вмісту біореактора здійснюється механічними пристроями, рідинною фазою тощо.

Системи культивування культур клітин залежно від типу розташування клітин можна умовно розділити на дві групи:

1. Клітини в адгезивному стані, що формують моношарові стаціонарні культури, в яких клітини розвиваються на поверхні скла і пластику чи

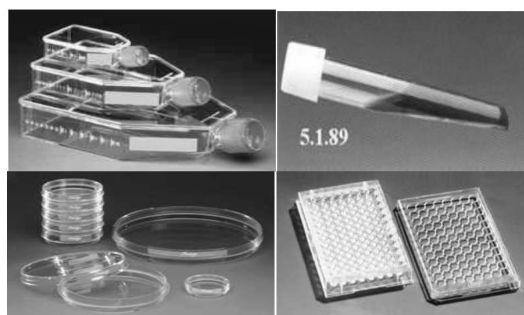
поверхні спеціальних носіїв (мікроносіїв), занурених у ПС. Даний тип культивування найбільш оптимальний з точки зору морфологічної будови клітин тварин і людини.

2. Суспензійні культури — клітини (після адаптації до суспензійного культивування) ростуть вільно в ПС (подібно до мікроорганізмів). Не всі культури клітин належним чином адаптуються до такого виду культивування.



**Рис. 1. Приклади систем для культивування клітин**

Для моношарових культур кількість клітин пропорційна площі поверхні ПС. Для малих обсягів і при вирощуванні культури для паралельних досліджень (дослідів) найкращим чином підходять багатолункові планшети, які можуть мати велику кількість маленьких лунок (рис. 2).



**Рис. 2. Системи культивування клітинних культур у типових ємностях для культивування клітин у вигляді моношару стаціонарної культури: 1 — флакони; 2 — пробірка зі скошеним дном; 3 — чашка Петрі; 4 — планшет культуральний**

У фармацевтичній біотехнології визнаний перспективним спосіб культивування культур клітин із застосуванням мікроносіїв. Інкапсулювання клітин у полімерні середовища дає змогу знизити негативний вплив зрізових зусиль, що виникають при гомогенізації середовища культивування. Спосіб інкапсулювання використовується для культивування гібридом з метою отримання

моноклональних антитіл. При культивуванні інкапсульованих гібридом продукція моноклональних антитіл зростає в тисячі разів порівняно із традиційним способом культивування. Такі системи культивування використовуються для лабораторних досліджень, тому що дають змогу проводити відповідні маніпуляції з клітинними культурами в малих об'ємах, значно заощаджуючи на поживних середовищах, обладнанні та витратних матеріалах.

*Біореактори для промислового культивування клітинних культур.* Для промислового культивування клітинних культур у суспензійному вигляді застосовується ємкісний апарат з турбінними та гвинтовими перемішувальними пристроями на магнітному приводі BIRE Bioreactor SYSTEM (ZETA Holding GmbH, Німеччина), робочий об'єм 40 л [7]. Усі частини апарата виготовлені з нержавіючої сталі. Система повністю автоматизована, існує можливість регулювання режиму роботи мішалки, здійснюється підготовка аераційного повітря, наявна система (Cleaning in Place and Sterilizing in Place — CIP/SIP), контроль CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> і тиску, а також контрольоване таймером введення поживних речовин, забезпечується цикл нагрівання й охолодження.

Вищеописана система підходить тільки для генетично трансформованих клітин, адаптованих до суспензійного способу культивування.



**Рис. 3. Установка BIRE Bioreactor SYSTEM (ZETA Holding GmbH для культивування клітинних культур [7]**

До інноваційного напрямку можна віднести біореактори одноразового використання (single-use), які не потребують виконання CIP/SIP процедур, що визначає їх високу рентабельність.

Компанією GE Healthcare Life Sciences (США) пропонується система культивування клітинних культур у суспензійному вигляді в гнучкій пластиковій місткості об'ємом до 500 л, що знаходиться на рухомій платформі (рис. 4). Платформа здійснює коливальні рухи в горизонтальній площині, забезпечуючи умови суспензійного культивування [8].

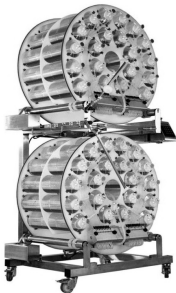
Закрита система не потребує кімнати біологічної безпеки. Wave —технології, що представлені хвильовими біореакторами, широко використовуються для

отримання моноклональних антитіл. Діапазон об'ємів культивування 100 мл—580 л дає змогу отримувати концентрацію клітин до  $10 \cdot 10^6$  кл/мл. Концентрація розчиненого кисню залишається на рівні, вищому за 50% насичення без використання бульбашкової аерації. Хвильові біореактори можуть бути використані як для суспензійних культур, так і для культивування з використанням мікроносіїв.



**Рис. 4. Установа Wave Bioreactor для культивування клітинних культур [8]**

Серед біореакторів для культивування культур клітин в адгезивному стані найбільш популярні ролерні системи. Ролерні ферментери являють собою набір циліндричних місткостей різного об'єму, що поміщені в термостатуючі камери та обертаються навколо своєї осі (рис. 5).



**Рис. 5. Ролерна установка для культивування клітинних культур [9]**

Ролерні культури прості, надійні, економічні. При вирощуванні клітин центральною проблемою залишається підвищення ефективності використання компонентів середовища, продуктивності клітин, збільшення доступної для росту клітин поверхні в розрахунку на одиницю об'єму поживного середовища.

Принцип роботи ролера полягає в тому, що при обертанні місткості навколо власної довгої осі на ролерному штативі середовище з клітинами переміщується по внутрішній частині місткості. Якщо клітини не прикріплюються, то відбувається їх збовтування під впливом кочення, однак вони залишатимуться в середовищі. Якщо клітини здатні прикріплюватися до субстрату, вони поступово адгезують до внутрішньої поверхні біореактора і почнуть рости з формуванням моношару.

Ролерний біореактор має три головні пріоритети порівняно зі статичною моношаровою системою:

- збільшення використовуваної поверхневої ділянки для посудини даного розміру;
- постійне, але «м'яке» перемішування середовища;
- збільшене відношення площі поверхні середовища до її обсягу, що дає змогу забезпечити підвищений газообмін через тонку плівку середовища над клітинами, які ненадовго занурюються в середовище.

Технологія ролерного культивування адгезованих клітинних культур має низку переваг, які є передумовами їх широкого використання:

- досягнення високої щільності клітин з використанням перфузійної техніки;
- виділення метаболітів багатьма клітинами здійснюється більш ефективно в разі їх прикріплення до субстрату;
- існує можливість швидкої заміни поживного середовища і регулювання його складу відповідно до фаз росту клітинної культури;

При використанні моношарових адгезованих клітинних культур існують недоліки:

- складність масштабування процесу;
- відсутність інформативності візуального аналізу;
- труднощі з визначенням і підтримкою таких параметрів, як кислотність і вміст  $O_2$  та забезпеченням гомогенності культури клітин;
- необхідність значних поверхонь для росту клітинної культури.

*Моделювання гідродинаміки промислового ролерного апарата.* Оскільки дані напруження, досягаючи певних значень, можуть викликати пошкодження клітини, то необхідно визначити величини та розподіл напружень зсуву вздовж поверхні ролера внаслідок його обертального руху.

З точки зору фізичної картини процесу ролерного культивування при обертанні ролера відбувається захоплення культуральної рідини стінками, внаслідок чого спостерігається ковзання одного шару рідини відносно іншого. На межі цих шарів відбувається виникнення швидкостей зсуву потоку рідини, які, у свою чергу, залежно від в'язкості, викликають дотичні (тангенційні) напруження, що змінюються по радіусу і довжині ролера. В літературних джерелах наводяться критичні значення напружень зсуву для клітинних культур еукаріотів, що починаються вже з 10 Па [9].

Для встановлення оптимальних гідродинамічних параметрів процесу культивування клітинних культур моделюється реальний фізичний процес, що триває в елементі ролерної установки.

Геометрія моделі середовища, створена в програмі SolidWorks, являє собою циліндр з радіусом 70 мм і довжиною 160 мм (тобто порожнину флакона ролера). Для опису часткового заповнення порожнини ролера рідиною (рис. 6) були прописані команди в CFX Expression Language.

За допомогою програмного пакета ANSYS і, зокрема, вбудованого модуля FluidFlow (CFX) були задані фізичні параметри системи і граничні умови. Внутрішній об'єм розглядається як нерухомий, причому стінка обертається з частотою 60 об./хв навколо поздовжньої осі циліндра. Моделювання проводилося для часу 10 с, а результати записувалися з інтервалом в 0,2 с.

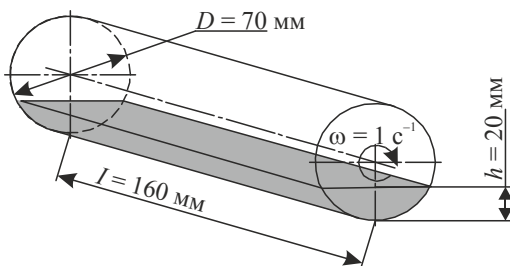
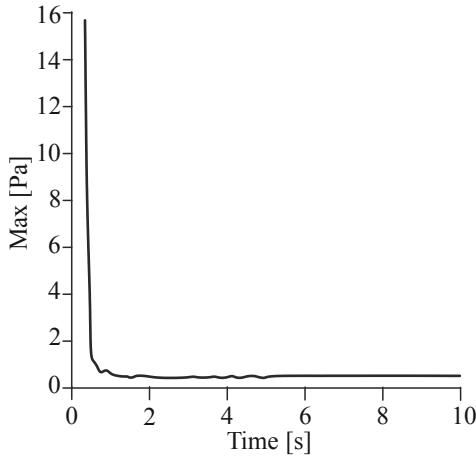
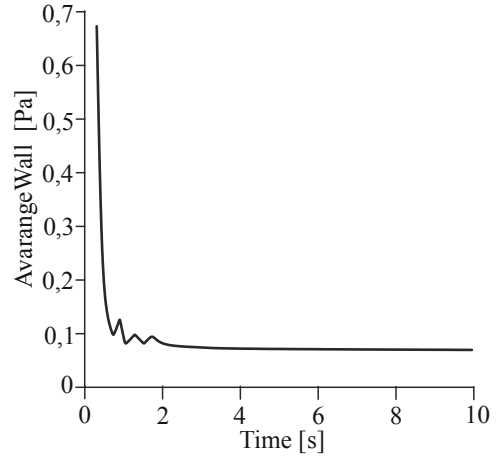


Рис. 6. Схема об'єму ролера: тонований — рідина, прозорий — повітря

Найбільшого «стресу» клітини зазнають у момент пуску ролера, при цьому максимальне значення напруження зсуву сягає майже 16 Па (рис. 7), а середнє значення дорівнює 0,7 Па (рис. 8). Далі максимальне і середнє значення суттєво зменшуються і знаходяться нижче за межу в 10 Па.

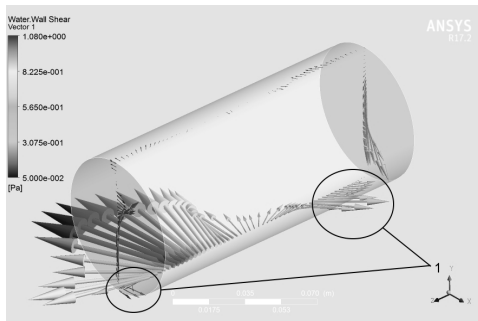


**Рис. 7. Залежність максимального значення напружень зсуву від часу**

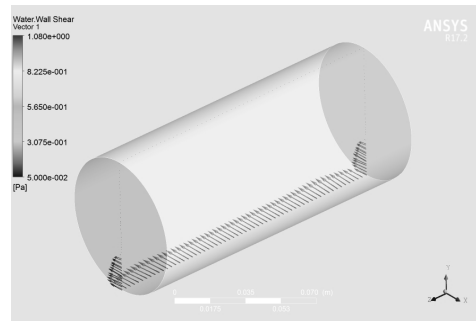


**Рис. 8. Залежність середнього значення напружень зсуву від часу**

У початковий момент моделювання процесу перемішування частина рідини захоплюється торцевими стінками ролера, що зумовлює формування напрямку вектора напружень зсуву (рис. 9, зони 1), протилежного до руху рідини (рис. 9). Після початкового «ривка» рідина починає стікати по стінці рівномірно і напрям векторів напружень зсуву вирівнюється по довжині (рис. 10).



**Рис. 9. Напрямок вектора напружень зсуву в початковий момент часу моделювання**



**Рис. 10. Напрямок вектора напружень зсуву в установленому режимі**

Розподіл швидкостей руху рідини залежить від положення перерізу, в якому розглядається процес. Так, для рідини біля торцевих стінок ролера максимальна швидкість становить 0,22 м/с, а поле швидкостей розподіляється відповідно до рис. 11. В будь-якому іншому перерізі рідина в середині об'єму майже не перемішується (рис. 12), що може призвести до виникнення зон застою.



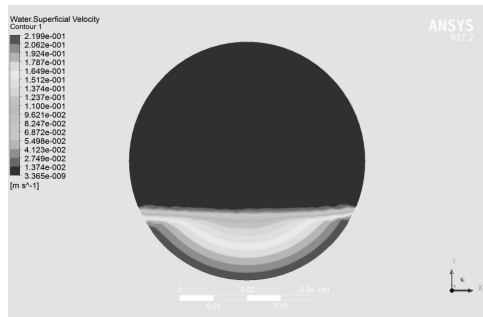


Рис. 11. Контур градієнта швидкості рідини в торцях ролера

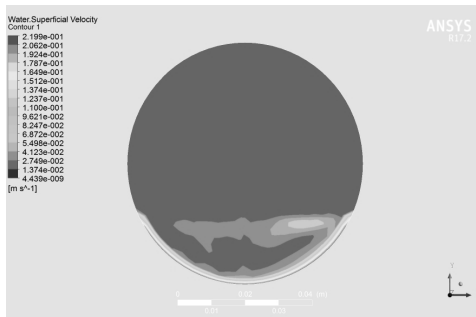


Рис. 12 Контур градієнта швидкості рідини в об'ємі порожнини ролера

## Висновки

Наведений аналіз конструктивних реалізацій ферментаційного обладнання дає змогу ознайомитися з новачіями апаратурного оформлення для культивування клітинних культур і виявити лімітуючі фактори проведення процесу.

Проведене моделювання гідродинаміки ролерного біореактора дає змогу оцінити фізичну картину процесів і встановити:

- максимальні значення напружень зсуву, що становлять 16 Па;
- напрямок векторів напружень зсуву в різні моменти часу;
- поля швидкостей рідини по об'єму ролера;

Виходячи з отриманих результатів, можна стверджувати, що напруження, які виникають у ролерному апараті під час культивування, знаходяться в межах допустимих значень, що доводить доцільність його використання в промисловості. Хоча при аналізі полів швидкостей варто відмітити неефективність взаємного перемішування шарів рідини, що може призвести до виникнення зон застою.

Дані дослідження можуть бути використані при проектуванні ферментаційного обладнання для культивування клітинних культур з різними типорозмірами та продуктивністю.

## Література

1. Mintz C. Single Use, Disposable Products: A «State Of The Industry» Update // Life Sci. Leader. — 2009. — #7 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.lifescienceleader.com/index.php?option=com\\_jambozine&layout=article&view=page&aid=3856&Itemid=56](http://www.lifescienceleader.com/index.php?option=com_jambozine&layout=article&view=page&aid=3856&Itemid=56).
2. Ultee M.E. SingleUse Components in Biopharmaceutical Manufacturing: Opportunities Outweigh Objections // PharmPro. — 2009. — # 2 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.pharmpro.com/Articles/2009/03/ObjectionsOverruled!>.
3. Ружинська Л.І. Моделювання гідродинаміки ролерного ферментера у біотехнології вакцин / Л.І. Ружинська, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибедський // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — Львів : ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. — 2010. — Т. 12, №2 (44). — С. 76—82.
4. Закоморний Д.М. Гідродинаміка ферментера з багатоваловою мішалкою / Д.М. Закоморний, М.Г. Кутовий, С.І. Костик, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибедський // Scientific Journal «ScienceRise». — 2016. — № 5 / 2 (22). — С. 65—70.

5. Костик С.І. Математичне моделювання гідродинаміки перемішуючого пристрою з магнітним приводом / С.І. Костик, Л.І. Ружинська, В.Ю. Шибецький, О.О. Ревтов // Scientific Journal «ScienceRise». — 2016. — № 4 / 2 (21). — С. 27—31.

6. Сидоров Ю.І. Одноразова ферментаційна апаратура / Ю.І. Сидоров // Біотехнологія. — 2010. — № 6/ 3. — С. 9—21.

7. Bioreaktoren und Fermentationssysteme [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: [http://www.zeta.com/bioreaktoren\\_161.htm](http://www.zeta.com/bioreaktoren_161.htm).

8. WAVE Bioreactors — GE Healthcare Life Sciences [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: <http://www.gelifesciences.com/webapp/wcs/stores/servlet/catalog/en/GELifeSciences-us/brands/wave/>.

9. Фрешии Р.Я. Культура животных клеток: практическое руководство / Р.Я. Фрешии; пер. 5-го англ. изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 691 с.

## **СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ В РОЛЛЕРНОМ БИОРЕАКТОРЕ С ПОВЕРХНОСТНЫМ КУЛЬТИВИРОВАНИЕМ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР**

**А.В. Копыленко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**С.Н. Семенюк, В.Ю. Шибецкий, С.И. Костик**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

*В статье рассмотрены современные конструкции биореакторов для культивирования клеточных культур. Проанализированы способы реализации технологий глубинного и поверхностного культивирования. Построена математическая модель в среде ANSYS для моделирования процесса перемешивания, протекающего в роллерном аппарате. Подобраны начальные и граничные условия задачи моделирования. Установлены величины и направления векторов скорости движения жидкости во время перемешивания. Определены максимальные значения напряжения сдвига в зоне иммобилизации клеток и их развитие во времени.*

**Ключевые слова:** *биотехнология, клеточные культуры, гидродинамика, роллер, напряжение сдвига.*

УДК 66.081.6: 637

## INVESTIGATION OF MILK WHEY NANOFILTRATION PROCESS

Yu. Zmievskii

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Nanofiltration  
Whey  
Membrane  
Separation  
Selectivity*

**Article history:**

Received 16.01.2017

Received in revised form

02.02.2017

Accepted 21.02.2017

**Corresponding author:**

Yu. Zmievskii

**E-mail:**

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

---

**ABSTRACT**

The results of experimental investigation of nanofiltration process of milk whey with the use of OPMN-P nanofiltration membranes (Russia) are presented. A dead-end membrane cell with effective area of the membrane  $1.38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  has been used for the experiments. It was established that whey should be concentrated at the pressure of 1.5 MPa. Increase of the driving force does not lead to the increase of the membrane performance, due to the phenomenon of concentration polarization. Concentration ratio should be near 3. pH also affects the efficiency of the separation. The best results were obtained in the concentration of natural whey without artificial changes of active acidity, which corresponded to pH 4.52.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

Ю.Г. Змієвський

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментальних досліджень процесу нанофільтрації молочної сироватки на лабораторній установці тупикового типу з ефективною площею мембрани  $1,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Встановлено, що для концентрування молочної сироватки, за умов проведених експериментів, раціональним тиском є значення 1,5 МПа. Збільшення рушійної сили не призводить до зростання питомої продуктивності мембрани, що пов'язано з явищем концентраційної поляризації. Коефіцієнт концентрування повинен не перевищувати 3. Водневий показник (рН) середовища також впливає на ефективність процесу розділення; найкращі результати отримано при концентруванні натуральної молочної сироватки без штучної зміни активної кислотності, що відповідає значенню рН 4,52.

**Ключові слова:** нанофільтрація, молочна сироватка, мембрана, процес розділення, селективність.

**Постановка проблеми.** Мембранні процеси активно впроваджуються в харчову промисловість, що пов'язано з їх ефективністю й енергоощадністю,

дають змогу розділяти технологічні рідини на молекулярному рівні при низьких температурах, що не призводить до денатурації термолабільних сполук і забезпечує отримання їх високоякісних концентратів. У багатьох технологіях на кінцевому етапі застосовують процес сушіння. Для цього рідкі продукти згущують, як правило, у вакуум-випарних установках. Цей спосіб достатньо енергоємний унаслідок фазового переходу розчинника при його видаленні. За умов баромембранного розділення розчинник під дією тиску проходить крізь напівпроникну пористу перегородку (мембрану), що потребує значно менше енергії. При перероблянні молочної сироватки як спосіб попереднього концентрування (вміст сухих речовин змінюється від 6 до 17—22%) все частіше застосовують зворотний осмос або нанофільтрацію [1]. Обидва процеси мають свої переваги та недоліки. На етапі зворотного осмосу концентруються всі сухі речовини, а пермеат (фільтрат) — добре очищена вода з мінімальним вмістом розчинених компонентів — може застосовуватись для технологічних потреб підприємства без додаткового оброблення. Нанофільтрація потребує менших енерговитрат і дає змогу отримати частково демінералізовану (до 25—40%) молочну сироватку, адже у пермеат разом із розчинником переходять переважно одновалентні солі ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  тощо) [2]. Частково знесолена молочна сироватка має технологічні переваги під час її висушування: практично не залипає розпилювальний диск сушарки, зменшуються енерговитрати за рахунок зниження кількості зв'язаної води [3] тощо. Проте нанофільтраційний пермеат, окрім одновалентних солей, містить невелику кількість лактози, молочної кислоти та інших органічних сполук [4—7], а його хімічне споживання кисню (ХПК) може знаходитися в межах 200—1000 мг $O_2$ /дм $^3$ , що вимагає доочищення.

**Метою статті** є проведення спеціальних наукових досліджень для пошуку раціональних режимів і технологічних параметрів процесу нанофільтрації молочної сироватки.

**Матеріали і методи досліджень.** Експерименти проводились на лабораторній установці тупикового типу з ефективною площею мембрани  $1,38 \cdot 10^{-3}$  м $^2$ , принцип дії якої детально описано у [8]. Застосовували мембрану ОПМН-П (ЗАО НТЦ «Владипор», Росія). Температуру розчинів підтримували на рівні  $20 \pm 3$  °С. Використовували молочну сироватку з-під сиру кисломолочного, отриману на промисловому підприємстві. Для відділення залишків молочного жиру та казеїнового пилу її попередньо пропускали через мікрофільтр з розміром пор 5 мкм.

Розрахунок необхідних параметрів процесу здійснювали за нижченаведеними формулами.

1. Питома продуктивність  $J$  (дм $^3$ /(м $^2$  год):

$$J = \frac{3600 \cdot V}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

де  $V$  — об'єм пермеату, дм $^3$ , отриманий за час  $\tau$ , с, з поверхні мембрани площею  $S$ , м $^2$ .

2. Селективність  $R$  (%):

$$R = \left(1 - \frac{C_n}{C_k}\right) \cdot 100, \quad (2)$$

де  $C_k, C_n$  — концентрація солей у концентрованому розчині та фільтраті (пермеаті), г/дм<sup>3</sup>.

3. Коефіцієнт концентрування  $k$ :

$$k = \frac{V_n}{V_k}, \quad (3)$$

де  $V_n, V_k$  — початковий та кінцевий об'єм розчину відповідно, дм<sup>3</sup>.

4. Питомі витрати енергії  $W$  (кВт/м<sup>3</sup> пермеату):

$$W = \frac{Q \cdot P}{1000 \cdot \eta \cdot V}, \quad (4)$$

де  $Q$  — об'ємна швидкість розчину, м<sup>3</sup>/с;  $P$  — тиск, Па;  $\eta$  — коефіцієнт корисної дії насоса,  $\eta = 0,8$ ;  $V$  — об'єм пермеату, м<sup>3</sup>. При розрахунках приймали, що розділення відбувалось на одному модулі довжиною 1 м з площею мембран 35 м<sup>2</sup>,  $Q = 4,9 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с (лінійна швидкість без урахування наявних турбулізаторів 0,28 м/с).

Загальну концентрацію мінеральних речовин вимірювали за допомогою кондуктометра HANNA Instruments DIST 1 з автоматичним компенсатором температури. Максимальне значення шкали вимірювань цього приладу 2 г/дм<sup>3</sup>, точність вимірювань, що відображаються на дисплеї, —  $1 \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup>. Принцип дії кондуктометра базується на вимірюванні електропровідності і переведенні отриманих значень у загальну концентрацію солей.

Вміст сухих речовин визначали за допомогою рефрактометра УРЛ-1, лактозу визначали за йодометричним методом, кальцій, магній, натрій і калій — за допомогою методу полуменевої фотометрії.

**Результати і обговорення.** Дослідження із застосуванням мембрани ОПМН-П (Росія) при розділенні молочної сироватки показали, що при попередньому відділенні високомолекулярних сполук (білків) ультрафільтрацією робочий тиск можна піднімати до 5 МПа. Це не призводить до суттєвого ущільнення мембрани, а зростання питомої продуктивності має лінійний характер. Однак для цільної сироватки, з якої мікрофільтрацією відділявся молочний жир та залишки казеїнової фракції, раціональний робочий тиск так і не був встановлений [8].

На першому етапі досліджень розділяли модельний розчин лактози, що дало змогу отримати залежність, представлену на рис. 1.

З рис. 1 видно, що селективність мембрани ОПМН-П по лактозі в середньому 98,3%, що є досить високим показником і підтверджує доцільність її застосування для переробки молочної сироватки. Характер зниження питомої продуктивності пояснюється зростанням осмотичного тиску та в'язкості розчину зі зростанням вмісту сухих речовин. Очевидно, що подальше концентрування економічно не вигідне через низьку продуктивність, тому можна

рекомендувати, щоб коефіцієнт концентрування не перевищував значення три.

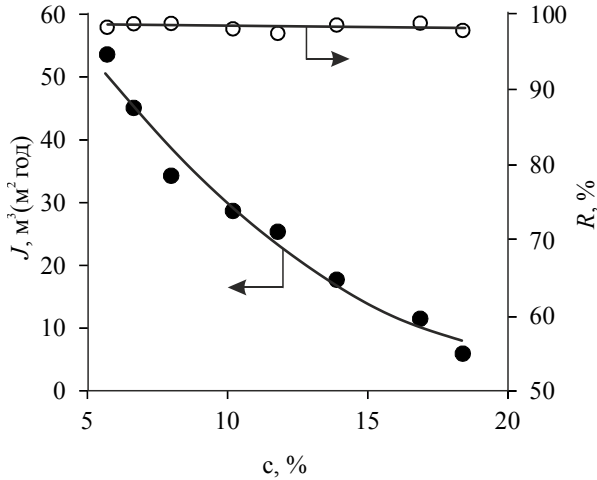


Рис. 1. Залежність питомої продуктивності (чорні маркери) і селективності (прозорі маркери) мембрани ОПМН-II (Росія) від концентрації лактози при розділенні модельного розчину лактози, робочий тиск 2,0 МПа

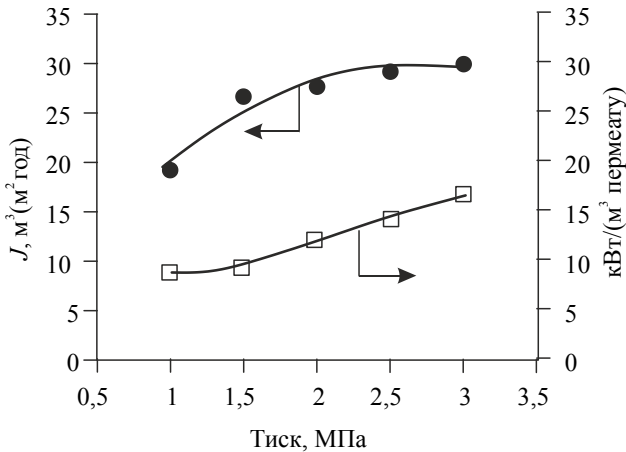


Рис. 2. Залежність питомої продуктивності  $J$  (чорні маркери) і питомих витрат енергії (прозорі маркери) від тиску в робочій камері

При розділенні молочної сироватки (рис. 2) питома продуктивність  $J$  практично не збільшується при тисках, що перевищують 1,5 МПа, що, ймовірно, пов'язано з явищем концентраційної поляризації та формуванням осаду на мембрані. Зростання рушійної сили прискорює процес накопичення високомолекулярних сполук біля поверхні розділення. Враховуючи низькі значення їх коефіцієнтів дифузії [9], можна припустити, що саме вони активно концентруються в примембранному шарі. До того ж білкові сполуки легко адсорбуються на полімері, перекриваючи таким чином вільну площу поперечного перерізу пор.

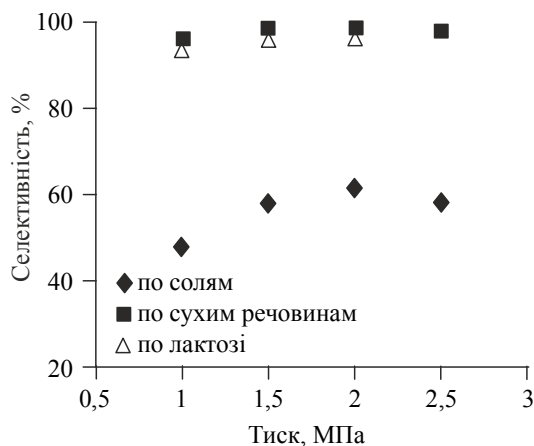


Рис. 3. Селективність мембрани ОПМН-II при розділенні молочної сироватки, коефіцієнт концентрування 3

У [9—10] показано, що мембрана при нанофільтрації молочної сироватки забруднюється у два етапи: спочатку формується осад з білкових сполук (утворюється так звана «динамічна» мембрана), а потім, при збільшенні концентрації розчину, починається перекривання пор «динамічної» мембрани.

Аналіз розрахунку питомих витрат енергії показує, що при тисках 1,0 та 1,5 МПа їх значення мало відрізняються, однак тривалість розділення (табл. 1), тобто зменшення початкового об'єму сироватки у три рази при тиску 1,5 Мпа, на 60% менша. Це, у свою чергу, впливає на розміри обладнання та його кінцеву вартість. Виходячи з отриманих результатів, раціональним для застосування можна вважати тиск 1,5 МПа.

Таблиця 1. Тривалість триразового концентрування молочної сироватки

Тиск, МПа	1,0	1,5	2,0	2,5
Тривалість концентрування, хв	443	281	262	339

Визначення селективності мембрани ОПМН-II по основним компонентам (сухі речовини, лактоза, мінеральні солі) показало, що в концентраті залишається в середньому 97 та 95% сухих речовин і лактози відповідно. Низька селективність по мінеральним речовинам (на рівні 56%) обумовлена наявністю значної кількості одновалентних солей у молочній сироватці, які легко проникають крізь мембрану. При збільшенні концентрації сухих речовин у 3 рази ступінь знесолення буде складе 36 %.

У табл. 2 представлено склад основних катіонів, які містяться в пермеаті, отриманому в процесі нанофільтрації молочної сироватки. Великий вміст одновалентних іонів ( $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$ ) обумовлений властивостями нанофільтраційних мембран, причому їх селективність по одновалентних іонах знаходиться в межах 40—60%, а по двовалентних — 90—95% [11]. Такі особливості дають змогу розглядати отриманий пермеат як сировину, а не стічні води [12].

Таблиця 2. Вміст мінеральних речовин у нанofільтраційному пермеаті молочної сироватки

Тиск, МПа	Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>
1,0	58,3	23,9	379,0	701,9
1,5	12,2	6,4	186,1	357,9
2,0	97,7	44,7	376,8	586,2
2,5	62,6	15,8	289,0	536,8

Також важливим фактором, який може впливати на ефективність розділення, є рН середовища.

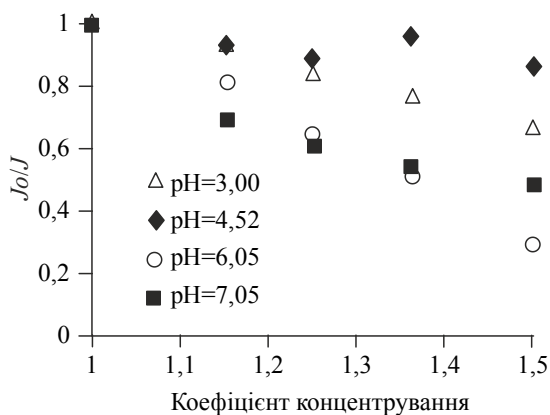


Рис. 4. Залежність відносної питомої продуктивності мембран від коефіцієнта концентрування при різних значеннях рН

З рис. 4 видно, що найбільш стабільний потік пермеату спостерігався при рН 4,52, що практично відповідало рН вихідної сироватки. Очевидно, що це пов'язано з ослабленням заряду білкових сполук, адже відомо, що ізоелектрична точка для сироваткових білків знаходиться в межах рН 4,6. За таких умов також послаблюється взаємозв'язок між органічними та неорганічними компонентами, що дає змогу підвищити рівень демінералізації [13]. При значеннях рН 7,05 перед експериментом спостерігалось розшарування розчину, що скоріше за все призвело до осідання білкових сполук на мембрані та збільшення опору масоперенесенню. Введення хімічних реагентів не призвело до позитивних ефектів при нанofільтрації молочної сироватки. До того ж це збільшує вартість її оброблення, також існує ймовірність погіршення якості кінцевого продукту, тому доцільним є розділення натуральної сироватки без штучної зміни рН середовища.

### Висновки

Встановлено, що раціональним тиском для проведення процесу нанofільтрації молочної сироватки з використанням мембрани ОПМН-П (Росія) є 1,5 МПа, ступінь концентрування 3 без зміни рН середовища. Орієнтовні питомі витрати енергії за таких умов будуть становити 9,3 кВт/(м<sup>3</sup> пермеату).



Мінеральний склад пермеату в основному представлений одновалентними іонами, що надає можливість розглядати його як сировину, а не стічні води.

### **Література**

1. *Храмцов А.Г.* Интенсивная технология молочного сахара / А.Г. Храмцов, И.А. Евдокимов. — Москва : ДеЛи принт, 2004. — 277 с.
2. *Змієвський Ю.Г.* Порівняльний аналіз процесів нанофільтрації та зворотного осмосу при розділенні молочної сироватки / Ю.Г. Змієвський, І.І. Киричук, В.Г. Мирончук // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. — 2013. — Вип. 43. — Том. 2. — С. 137—141.
3. Исследование процесса сушки наноконцентратов творожной сыворотки / Д.М. Костюков, В.Г. Куленко, Н.Я. Дыкало и др. // Молочнохозяйственный вестник. — 2012. — № 3(7). — С. 72—76.
4. Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose / R. Atra, G. Vatai, E. Bekassy-Molnar, A. Balint // Journal of Food Engineering. — 2005. — V. 67. — P. 325—332.
5. Dairy Processing Handbook / Ed. G. Bylund. — Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. — 442 p.
6. *Bidhendi G.N.* Use of nanofiltration for concentration and demineralization in the dairy industry / G.N. Bidhendi, T. Nasrabadi // Pakistan Journal of Biological Sciences. — 2006. — V. 9. — № 5. — P. 991—994.
7. *Костюков Д.М.* Совершенствование процесса производства сухой деминерализованной творожной сыворотки: дис. ... кандидата техн. наук: 05.18.12 / Костюков Дмитрий Михайлович. — Москва, 2016. — 151 с.
8. Experimental study of the effect of high pressure on the efficiency of whey nanofiltration process using an OPMN-P membrane / V.G. Myronchuk, I.O. Grushevskaya, D.D. Kucheruk, Yu.G. Zmievskii // Petroleum Chemistry. — 2013. — V. 53, Issue 7. — P. 439—443.
9. *Тенфорд Ч.* Физическая химия полимеров. — Москва : Химия, 1965. — С. 772.
9. *Zmievskiy Yu.* Determination of nanofiltrated membrane mass transfer resistance after separation of whey / Yu. Zmievskiy, V. Myronchuk, D. Kucheruk // Journal of Food Science and Packaging Technology. — 2012. — V.1. — P. 33—38.
10. Химическая очистка нанофильтрационных мембран после разделения молочной сыворотки / Ю.Г. Змиевский, И.И. Киричук, В.Г. Мирончук, Д.Д. Кучерук // Мембраны и мембранные технологии. — 2014. — Т. 4, № 2. — С. 149—155.
11. *Энциклопедія мембран: в 2 т. / [упоряд. М.Т. Брик].* — Київ : Вид. дім «Кисво-Могилянська академія», 2005. — 658 с.
12. *Zmievskii Yu.G.* Membrane treatment of wastewater obtained after the whey processing / Yu.G. Zmievskii, I.I. Kirichuk, V.G. Mironchuk // Journal of Water Chemistry and Technology. — 2014. — V. 36, № 6. — P. 309—316.
13. A study of demineralization of whey by nanofiltration membrane / K. Pan, Q. Song, L. Wang, B. Cao. // Desalination. — 2011. — V. 267. — P. 217—221.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНОФИЛЬТРАЦИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

**Ю.Г. Змиевский**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований процесса нанофильтрации молочной сыворотки на лабораторной установке тупи-*

кового типа с эффективной площадью мембраны  $1,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Установлено, что для концентрирования молочной сыворотки в условиях проведенных экспериментов рациональным давлением является значение 1,5 МПа. Увеличение движущей силы не приводит к росту удельной производительности мембраны, что связано с явлением концентрационной поляризации. Коэффициент концентрирования должен находиться в пределах 3. Водородный показатель (рН) среды также влияет на эффективность процесса разделения; лучшие результаты были получены при концентрировании натуральной молочной сыворотки без искусственного изменения активной кислотности, что соответствовало значению рН 4,52.

**Ключевые слова:** нанофильтрация, молочная сыворотка, мембрана, процесс разделения, селективность.

## COLLIGATIVE PROPERTIES OF A CULTURE MEDIUM

O. Shevchenko, A. Sokolenko, K. Vasylykivskyi, I. Vinnichenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Water activity  
Osmotic pressure  
Temperature depressions  
Colligative properties  
Solution  
Laws*

---

**Article history:**

Received 21.01.2017  
Received in revised form  
05.02.2017  
Accepted 23.02.2017

---

**Corresponding author:**

O. Shevchenko

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article presents the results of analytical studies on the properties of colligative solutions that combine the characteristic values of water activity, osmotic pressure and temperature depressions. The research was performed to broaden the information on the technologies of sugar media fermentation and the accumulation of ethanol. The analytical links between colligative properties of the solutions are shown based on generalized experimental data and calculations in accordance with the Raoult's and Vant-Hoff's laws and the unity of their physical background. On this base, the irreversibility of the osmotic pressure increase in the solutions of biochemical transformations has been substantiated, in which there were transformations of organic matter with a decrease in their molecular weight.

## КОЛІГАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ КУЛЬТУРАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

О.Ю. Шевченко, А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, І.М. Вінніченко

Національний університет харчових технологій

*У статті наведено результати аналітичних досліджень, що стосуються колігативних властивостей розчинів, які поєднують в собі показники активності води, осмотичних тисків і температурних депресій. Дослідження виконані з метою поглиблення інформації про технології збродження цукровмісних середовищ і накопичення в них етилового спирту. Показано аналітичні зв'язки між колігативними властивостями розчинів на основі узагальнення експериментальних даних і розрахунків відповідно до законів Рауля і Вант-Гоффа та єдності їх фізичного підґрунтя. На цій основі ґрунтується висновок про незворотність зростання осмотичних тисків у розчинах з біохімічними перетвореннями, в яких відбуваються трансформації органічних речовин зі зменшенням їх молекулярних мас.*

**Ключові слова:** активність води, осмотичні тиски, температурні депресії, колігативні властивості, розчин, закони.

**Постановка проблеми.** Відомо, що розчинення різних речовин у воді супроводжується взаємодією їх молекул і молекул води, зменшуючи кіль-

кість «вільних» (непов'язаних) молекул останньої. Таке обмеження сто-сується життєдіяльності мікроорганізмів і вважається основним чинником впливу на них і на перебіг гідролітичних хімічних реакцій. Урахування цих особливостей взаємодій компонентів розчинів будується на кількісному параметрі, який відповідає терміну «активність води» ( $a_w$ ).

У фізичному розумінні поняттю активності води відповідає відношення парціального тиску  $P$  пари води над середовищем до парціального тиску  $P_0$  пари розчинника за стабілізованої температури [1—4].

Вказівка щодо стабілізованої температури відповідає положенням термо-динаміки, оскільки парціальні тиски водяної пари залежать від температур і

$$a_w = P/P_0. \quad (1)$$

Наявність зв'язаної вологи частіше пов'язується з формами її зв'язку з матеріалом та компонентами середовища (розрізняються як хімічні, фізико-хімічні та фізико-механічні).

Аналіз впливів активності води у вологонасичених середовищах і осмотичних тисків  $\pi_{осм}$  у рідинних середовищах призводить до висновку про їх тотожність у впливах на мікроорганізми, що відображується залежністю стосовно антимікробних властивостей:

$$A = f(a_w \equiv \pi_{осм}). \quad (2)$$

**Мета дослідження:** пошук математичних формалізацій між колігативними властивостями розчинів і можливостей їх прикладного використання.

**Виклад основних результатів дослідження.** Вивчення характеристик розчинів культуральних середовищ потребує підвищеної уваги до їх складу. Особливо це стосується випадків, у яких за зовнішньою подібністю приховуються значні розбіжності окремих характеристик. Наприклад, хімічні формули глюкози і фруктози однакові за формою  $C_6H_{12}O_6$ . Важливо, що кожен з названих моноцукрів у розчині існує у вигляді п'яти форм: два фуранозні аномери, два піранозні і у формі відкритого ланцюга. Більшість моно- і дицукрів є добре розчинними у воді сполуками і рівень їх розчинності визна-чає здатність зменшувати активність води. Це положення підтверджують дані, наведені у табл. 1 [5].

*Таблиця 1. Мінімальна активність води деяких розчинів за температури 293 К*

Розчин	Концентрація, % мас.	Активність води	$(1 - a_w)/(\% \text{ мас.})$
Фруктоза	77,0	0,600	0,005200
Сорбітол	73,0	0,725	0,003767
Цукроза	67,4	0,844	0,002310
Інвертний сироп	63,0	0,820	0,002860
Глюкоза	47,0	0,910	0,001914
Лактоза	18,7	0,931	0,003690
Манітол	18,0	0,977	0,001280
NaCl	27,0	0,740	0,009630

Оскільки розчинність моно- і діцукрів збільшується за зростання температури, то це означає підвищення осмотичних тисків. Разом з тим, варто зауважити, що осмотичні тиски пропорційні абсолютним температурам середовищ відповідно до закону Вант-Гоффа.

Дані табл. 1 наведені для різних розчинів, що мають різні концентрації за стабілізованої температури  $T = 293$  К. Зростання концентрацій розчинених речовин показано безпосередньо у значеннях активності води, а також у формі відношення  $(1 - a_w) / (\% \text{ мас.})$ . Очевидно, що таким чином намагалися визначити роль концентрації розчинених речовин. Проте відсутність певної закономірності у формі  $a_w = a_w(1 - a_w) / (\% \text{ мас.})$  вказує на те, що не лише показник концентрації має визначальну роль. Такий висновок відповідає закону Вант-Гоффа, за яким вплив концентрації розчиненої речовини пропорційний числу молей у розчині. У дослідженні [5] відмічається, що високомолекулярні розчинені інгредієнти (такі як білки, гідроколоїди, камеді) відносно мало впливають на активність води, а нерозчинні компоненти жирів, емульсовані жири, дисперговані кристали, крохмаль на показник  $a_w$  безпосередньо не впливають.

Різні розчинності моно- і діцукрів пов'язані з їх здатністю зв'язувати воду і з їхньою гігроскопічністю. В експериментальних дослідженнях кількість молекул зв'язаної води або числа гідратації визначаються методами інфрачервоної спектроскопії (ІЧС), ядерного магнітного (ЯМР) й електронного парамагнітного (ЕПР) резонансів, методом молекулярної динаміки (МД) та методами диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). Проте при визначенні чисел гідратації спостерігаються розходження. Це пояснюється тим, що враховується лише моношар адсорбату води або перший гідратний шар тощо. Ці складності обмежують точність визначення термодинамічних параметрів утворення гідратів простих вуглеводів та чисел гідратації, тому найбільш перспективним вважаються методи «спінового зонда» і ЕПР спектроскопії.

Кількість молекул води в складі гідрату вуглеводу зростає в ряду глюкоза–фруктоза–цукроза.

Разом з тим, здатність названих цукрів до самоасоціації зростає в ряду фруктоза–цукроза–глюкоза.

Стабільність гідратів фруктози зумовлює її високу розчинність і вологоутримувальну здатність, а наявність останнього ряду підтверджуються даними табл. 1. Перехід до питомого показника впливу % масових розчинених речовин на активність води стосується різних граничних концентрацій цукрів та інших речовин. Це дало змогу сформулювати інший ряд послідовностей від max до min:

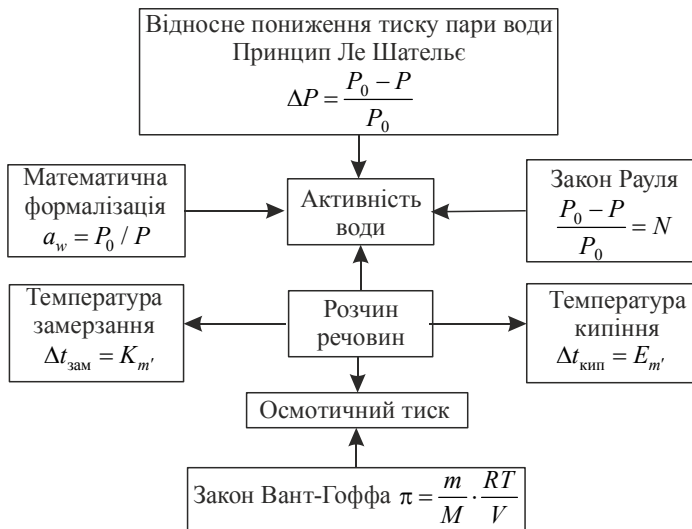
NaCl → 0,00963	Фруктоза → 0,0052	Сорбітол → 0,003767	Лактоза → 0,00369
→ Інвертний сироп → 0,00286	Цукроза → 0,00231	Глюкоза → 0,001914	Манітол 0,00128.

Наведені результати надають можливість оцінити загальну характеристику суміші цукрів у розчині на основі принципу суперпозиції. Оскільки в результаті гідролізу цукрози утворюється суміш глюкози і фруктози у співвідношенні 1:1, то маємо:

$$\frac{1 - a_w}{\% \text{ мас.}} = \frac{0,0052 + 0,001914}{2} = 0,003557.$$

Порівняння з відповідним показником цукрози 0,00231 підтверджує доцільність використання глюкозно-фруктозних сиропів, тому що сумарний показник для суміші зростає на 54%. Одержаний результат підтверджує доцільність подальших пошуків для пояснення розходжень із законом Вант-Гоффа, за яким перехід до інвертної цукрози має збільшити осмотичний тиск у 2 рази.

Пошуки спільних характеристик і наслідків у поняттях «активність води» і «осмотичні тиски» приводять до факторів, що їх характеризують і визначені об'єднуючим терміном «колігативні властивості». На рис. 1 відображено структуру колігативних властивостей і встановлених закономірностей.



**Рис. 1. Структурна схема колігативних властивостей і їх математичне підґрунтя:**  
 $P_0$  — тиск над розчинником;  $P$  — тиск над розчином;  $m'$  — мольна масова концентрація розчиненої речовини;  $m$  — кількість розчиненої речовини;  $K$  — криоскопічна стала;  $E$  — ебуліоскопічна стала

З наведеного переліку факторів впливу випливає, що визначення активності води у рідинних розчинах потребує експериментальних вимірів парціальних тисків водяної пари розчинника і розчину, хоча для окремих випадків можливо скористатися довідковими даними. У своїй більшості вони стосуються не розчинів, а вологовмісних матеріалів з посиланням на визначення термодинамічних параметрів, оскільки  $a_w$  є таким параметром:

$$a_w = \phi/100, \quad (3)$$

де  $\phi$  — рівноважна відносна вологість.

Разом з тим, наявність даних стосовно парціальних тисків водяної пари над розчинами деяких речовин і над розчинником дає змогу прогнозувати доцільність пошуків безпосередніх зв'язків між  $a_w$  і осмотичним тиском.

Порівняння даних показує, що тиски пари помітно залежать від концентрації розчиненої солі і температури розчину. Проте очевидно, що температура впливає і на розчин, і на розчинник. У зв'язку з цим розраховано значення показників  $a_w$  (табл. 2).

**Таблиця 2. Значення показників активності води  $a_w$  залежно від концентрації NaCl і температури розчину**

Температура, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$a_w$
Концентрація $CP = 5\%$	0,949	0,952	0,956	0,959	0,956	0,960	0,957	0,958	0,955	0,957	0,968	0,957
Концентрація $CP = 10\%$	0,920	0,920	0,922	0,925	0,922	0,924	0,924	0,923	0,921	0,923	0,934	0,923
Концентрація $CP = 15\%$	0,884	0,877	0,883	0,885	0,883	0,886	0,884	0,883	0,883	0,886	0,895	0,884
Концентрація $CP = 20\%$	0,820	0,824	0,832	0,831	0,831	0,870	0,833	0,835	0,834	0,837	0,846	0,834
Концентрація $CP = 25\%$	0,755	0,759	0,765	0,766	0,766	0,772	0,772	0,775	0,774	0,778	0,788	0,767

З аналізу табл. 2 випливає, що залежність виду  $a_w = a_w(CP)$  має чітке відображення, але вплив температури на показник активності води практично нівельований. Оскільки з фізико-хімічної і термодинамічної точок зору температура середовища має потужний вплив на швидкість хімічних, ферментних і біохімічних реакцій, то висновок про відсутність впливу температури на показник  $a_w$  з фізичної точки зору є нелогічним. Це означає, показник  $a_w$  слід застосовувати за певними застереженнями, а щодо структурної схеми колігативних властивостей сформулювати їх у формі:

- величина параметра  $a_w$  від температури середовища не залежить;
- осмотичні тиски середовищ є функціями температури.

На підтвердження останнього положення наведено розрахунки для оцінки осмотичних тисків розчинів NaCl (табл. 3).

**Таблиця 3. Значення осмотичних тисків розчинів NaCl, МПа**

Температура, °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Концентрація $CP = 5\%$	1,94	2,01	2,08	2,15	2,22	2,30	2,37	2,44	2,51	2,58	2,65
Концентрація $CP = 10\%$	3,88	4,02	4,16	4,31	4,45	4,59	4,73	4,87	5,02	5,16	5,30
Концентрація $CP = 15\%$	5,82	6,03	6,25	6,46	6,67	6,89	7,10	7,31	7,53	7,74	7,35
Концентрація $CP = 20\%$	7,77	8,06	8,34	8,62	8,91	9,19	9,48	9,76	10,05	10,33	10,62
Концентрація $CP = 25\%$	9,71	10,07	10,42	10,78	11,13	11,49	11,84	12,20	12,56	12,91	13,27

У подальших пошуках фізико-хімічної єдності між осмотичними тисками розчинів і величинами  $a_w$  виключимо вплив на перші параметра температури застосуванням комплексу  $\pi_{осм}/T$ . Результати розрахунків наведені в табл. 4.

*Таблиця 4. Результати розрахунків параметрів розчинів NaCl*

Концентрація NaCl, %	5	10	15	20	25
$a_w$	0,957	0,923	0,884	0,834	0,767
Комплекс $\pi_{осм}/T$ , МПа/К	0,007106	0,01421	0,02132	0,02846	0,03551

Математична формалізація одержаної залежності приводиться до такого вигляду:

$$\pi_{осм} = T(0,04797 - 0,0518 a_w^{5,38}), \text{ МПа.} \quad (4)$$

У першому наближенні одержані залежності дають змогу зробити висновок про можливість визначення осмотичних тисків розчинів за наявності приладів для вимірювання  $a_w$ . Підвищена складність стосується випадків з наявністю в розчинах компонентів органічних і неорганічних речовин.

При цьому принцип суперпозиції залишає можливим теоретичне визначення осмотичних тисків, однак виникає проблема високоточного аналізу складу і концентрації компонентів, тому виникає необхідність одержання математичних формалізацій для випадків з різним складом компонентів. Наведена раніше залежність стосується розчинів NaCl, а тому немає підстав вважати її універсальною. Проте за формою і напрямком досліджень обрана методика може вважатися перспективною і на підтвердження цієї думки у табл. 5 наведено показники активності води і комплексу  $\pi_{осм}/T$ .

*Таблиця 5. Результати розрахунків параметрів розчинів цукрози*

Концентрація $C_{12}H_{22}O_{11}$ , ваг.%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$a_w$	0,99421	0,9882	0,97896	0,97069	0,95802	0,94172	0,92242	0,89156	0,8512
Комплекс $\pi_{осм}/T$ , МПа/К	0,0243	0,00484	0,00729	0,00972	0,01216	0,01459	0,0170	0,01195	0,02188

Аналітична формалізація цих залежностей має такий вигляд:

$$\pi_{осм} = T(0,02317 - 0,0224 a_w^{16,34}), \text{ МПа.} \quad (5)$$

Порівняння результатів дослідження для розчинів речовин із суттєво відмінними молекулярними масами

$$\frac{M_{C_{12}H_{22}O_{11}}}{M_{NaCl}} = \frac{342}{58,45} = 5,85$$

дає змогу стверджувати, що збіг закономірностей у загальній формі має під собою фізичне підґрунтя, а розшукуваний зв'язок між  $a_w$  і  $\pi_{осм}$  має визначатися з урахуванням молярних концентрацій сухих речовин у розчинах. На підтвердження цього висновку на рис. 2 наведено суміщення двох останніх графічних залежностей  $\pi_{осм}/T = \pi_{осм}/T(a_w)$ .



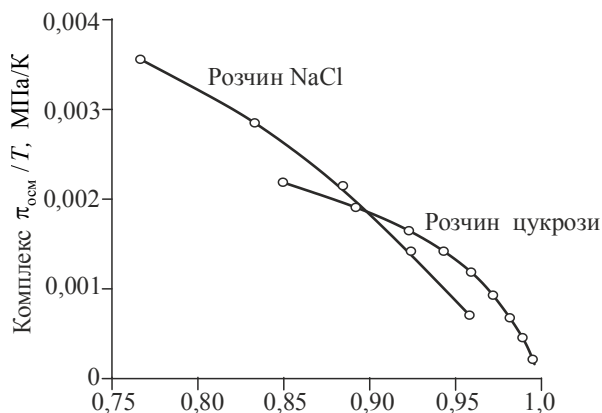


Рис. 2. Суміщення графічних залежностей комплексів  $\pi_{осм}/T = \pi_{осм}/T(a_w)$  для розчинів NaCl (концентрація CP від 5 до 25% мас.) і цукрози (концентрація CP від 10 до 90% мас.)

На основі порівнянь параметрів розбавлених розчинів приходимо до положення, що стосується існування відповідності між законами Вант-Гоффа і Рауля. Це означає зворотну можливість технічного експрес-аналізу середовищ щодо осмотичного і парціального тисків води як для рідинних розчинів, так і стосовно вологості продукції. До ряду колігативних властивостей розчинів також відносяться температурні депресії, які стосуються підвищення температури кипіння  $\Delta t_{кип}$  і зниження температур замерзання розчинів  $\Delta t_{зам}$ :

$$\Delta t_{кип} = t'_{кип} - t_{кип}; \quad \Delta t_{зам} = t'_{зам} - t_{зам} . \quad (5)$$

Інформація щодо зниження температур замерзання водних розчинів тростинного цукру й етилового спирту відображена на рис. 3.

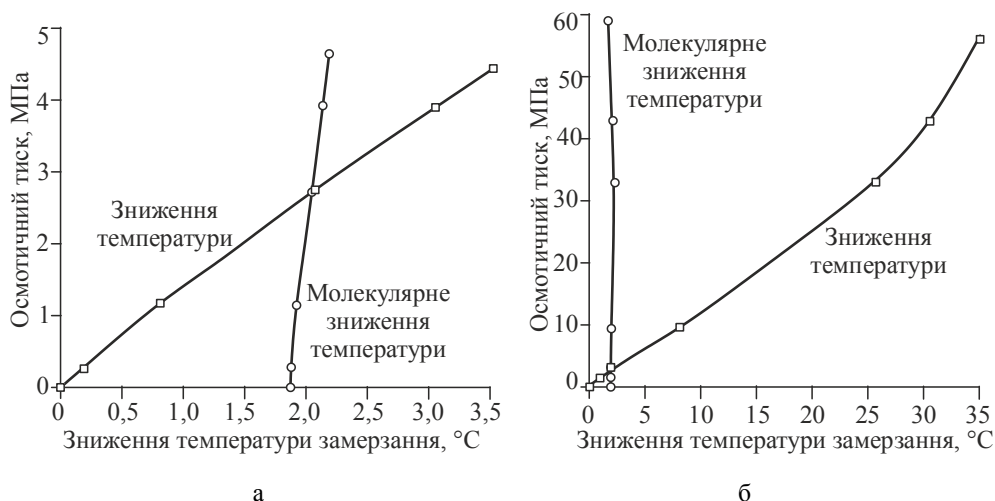


Рис. 3. Графічні залежності колігативних зв'язків між осмотичними тисками і зниженням температури замерзання розчинів: а) тростинного цукру; б) етилового спирту

**Висновки**

Виконані аналітичні дослідження, що стосуються фізико-хімічних характеристик розчинів речовин, надають можливість стверджувати, що:

1. Закони Рауля і Вант-Гоффа відносяться до закономірностей зі спільним фізико-хімічним підґрунтям з різними формами відображення й умовним поділом об'єктів досліджень на вологі середовища і, власне, розчини.

2. Спільність фізико-хімічного підґрунтя названих законів поєднує їх у можливостях застосування щодо розчинів неорганічних і органічних речовин на рівні поняття їхніх колігативних властивостей.

3. Колігативні властивості розчинів визначаються їх моляльними концентраціями. Це означає, що показники активності води, осмотичних тисків і температурних депресій залежать від концентрацій розчинених речовин і їх молекулярних мас, а також те, що в процесах деструкції складних хімічних і органічних речовин в розчинах і при утворенні речовин меншої молекулярної маси осмотичні тиски розчинів зростають.

4. Збільшення осмотичних тисків у процесах зброджування цукровмістких середовищ в кінцевому результаті призводить до бактеріостатичних ефектів і припинення біохімічних перетворень, що вважається важливим недоліком бродильних технологій. Можливість безперервного контролю за динамікою зміни осмотичних тисків і розширення меж їх допустимих значень є актуальним завданням їх реалізації. Визначені закономірності щодо взаємозв'язків між колігативними властивостями розчинів вказують на перспективи їх прикладного застосування.

**Література**

1. *Buera P., Charle G.* Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/cemimoist food systems // *G. Food Sci.* — 1994. — № 59. — Р. 921—927.

2. *Персианова Н.П.* Микробиологія консервування пищевих продуктів / Н.П. Персианова, Л.Н. Герасименко, Л.А. Стоянова. — Одеса : Внешрекламсервис, 2009. — 310 с.

3. *Шевченко О.Ю.* Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання продукції: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Шевченко Олександр Юхимович; НУХТ. — Київ, 2006. — 43 с.

4. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійничук. — Київ : «Асканія», 2009. — 424 с.

5. *Леус Р.М.* Удосконалення процесів стабілізації продукції харчових виробництв: автореф. дис. ... к-та техн. наук: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Леус Руслан Миколайович; НУХТ. — Київ, 2013. — 22 с.

**КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА КУЛЬТУРАЛЬНЫХ СРЕД**

**А.Е. Шевченко, А.И. Соколенко, К.В. Васильковский, И.Н. Винниченко**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены результаты аналитических исследований коллигативных свойств растворов, которые сочетают в себе показатели активности воды, осмотических давлений и температурных депрессий. Исследования выполнены*

*в интересах углубления информации относительно технологий сбраживания сахаросодержащих сред и накопления в них этилового спирта. Показаны аналитические связи между коллигативными свойствами растворов на основе обобщения экспериментальных данных и расчетов в соответствии с законами Рауля и Вант-Гоффа и единство их физической основы. На этом основании делается вывод о необратимости роста осмотического давления в растворах с биохимическими превращениями, в которых имеют место трансформации органических веществ с уменьшением их молекулярных масс.*

**Ключевые слова:** *активность воды, осмотические давления, температурные депрессии, коллигативные свойства, раствор, законы.*

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN ELECTRO-POWER SYSTEMS

V. Shesterenko, I. Izvolenskiy  
*National University of Food Technologies*

---

<b>Key words:</b> <i>Reactive power Compensation Supply system</i>	<b>ABSTRACT</b> The ways of increasing the operation efficiency of reactive power compensation on the plants are considered. The basic aspects of choosing the standardized methods of power compensating devices depending on the voltage and configuration of individual elements are presented. The expediency of using a synchronous motor for reactive power compensation is grounded, i.e., if the load factor of a synchronous motor is less than that of a unity then it is economically expedient to use fully expected reactive power output. The system of complex compensation provides a shift in the understanding of the reactive power sources capacity management: from decentralizing to ensuring the system commitment in solving problem that is conceptually related to the optimization of power consumption mode at the industrial enterprises. Recommendations on the system implementation in the industry are provided.
<b>Article history:</b> Received 13.01.2017 Received in revised form 26.01.2017 Accepted 22.02.2017	
<b>Corresponding author:</b> V. Shesterenko <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

---

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В.С. Шестеренко, І.Є. Ізволєнський  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто шляхи підвищення ефективності компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах. Наведено основні аспекти нормативної методики вибору потужності компенсуючих пристроїв залежно від напруги мережі та конфігурації окремих її елементів. Запропонований системний підхід до компенсації дає змогу суттєво підвищити економічні показники всіх джерел реактивної потужності. Система комплексної компенсації забезпечує зміну в акцентах керування потужностями конденсаторних установок від децентралізації до забезпечення системної цілеспрямованості вирішення проблеми, що концептуально пов'язана з оптимізацією режиму електроспоживання на промисловому підприємстві. Надано рекомендації щодо впровадження системи на промислових підприємствах.*

**Ключові слова:** реактивна потужність, компенсація, система електропостачання.

**Постановка проблеми.** Витрати на компенсуючі пристрої включають складові, що не залежать від величини реактивної потужності, а тому була розроблена методика визначення потужності компенсуючих пристроїв, що не потребує врахування абсолютних значень вартості елементів системи електропостачання [1; 2; 3]. При зниженні реактивної потужності, що передається, втрати активної потужності зменшуються до 0,12 кВт/квар і залежать від віддаленості до джерела живлення. 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 витриманий для всіх вузлів системи електропостачання [4; 5; 6; 7].

Під час передачі реактивної потужності спостерігаються значні втрати активної потужності:

$$\Delta P = \frac{Q^2}{U^2} \cdot r, \text{ або } \Delta P = P^2 \cdot (1 + tg^2\varphi). \quad (1)$$

Втрати електричної енергії визначаються за формулою:

$$\Delta W_i = \frac{r_i}{U_{НОМ}^2} \sum_{k=1}^{\omega} T_k [M_k(P_i^2) + M_k(Q_i^2)], \quad (2)$$

де  $M_k(P_i^2)$  — математичне очікування квадрата активної потужності;  $M_k(Q_i^2)$  — математичне очікування квадрата реактивної потужності;  $\omega$  — кількість інтервалів стаціонарності та ергодійності;  $T_k$  — тривалість цих інтервалів.

**Метою дослідження** є надання рекомендацій щодо оптимального застосування певних моделей пристроїв компенсації реактивної потужності в системах електроспоживання промислових підприємств.

**Матеріали і методи.** Для дослідження використовувались методи теорії ймовірності, математичної статистики і теорії масового обслуговування, а також патенти [Патент України на винахід № 90684, H02J 3/12. — Спосіб керування джерелами реактивної потужності промислового підприємства — Опубл. 25.02.2010].

На промислових підприємствах для компенсації реактивних навантажень використовують конденсатори і синхронні двигуни [2; 3]. Найбільш поширеним є 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.

**Результати і обговорення.** В конденсаторних батареях застосовують конденсатори з діелектриком з конденсаторного паперу та із синтетичної плівки. Ці конденсатори зазвичай призначаються для підвищення коефіцієнта потужності електроустановок змінного струму частотою 50 Гц. Конденсатори з'єднують трикутником або зіркою в групі, секції та цілі установки. З'єдна-

ння трикутником дає змогу отримати від конденсаторів однієї і тієї ж ємності втричі більшу потужність, ніж з'єднання зіркою .

Згідно з нормативною методикою розрахунку потужності конденсаторів, за обраним числом трансформаторів визначають максимальну реактивну потужність, яку доцільно передати через трансформатори підстанції (ТП) у мережу напругою до 1000 В:

$$Q_T = \sqrt{(N_{TE} \cdot \beta_T \cdot S_T)^2 - P_P^2}, \quad (3)$$

де  $N_{TE}$  — число трансформаторів в групі ( цех, корпус);  $\beta_T$  — очікуваний коефіцієнт завантаження трансформаторів;  $S_T$  — номінальна потужність трансформатора в групі, кВ·А;  $P_P$  — розрахункова активна потужність електроприймачів напругою до 1000 В.

Сумарна потужність конденсаторної установки (КУ) для даної групи трансформаторів визначається за формулою:

$$Q_{HK1} = Q_P - Q_T, \quad (4)$$

де  $Q_T$  — розрахункова реактивна потужність електроприймачів напругою до 1000 В.

На другому етапі визначається додаткова сумарна потужність КУ для даної групи трансформаторів ТП:

$$Q_{HK2} = Q_P - Q_{HK1} - \gamma \cdot N_{TE} \cdot S_T, \quad (5)$$

де  $\gamma$  — розрахунковий коефіцієнт, що залежить від схеми живлення та кількості робочих змін.

Для однієї підстанції:

$$\gamma = \frac{4,5 \cdot K_1}{100 + \frac{r \cdot l \cdot S_T}{F}}, \quad (6)$$

де  $K_1$  — питомий коефіцієнт втрат;  $l$  — довжина лінії живлення, км;  $F$  — переріз провідників ЛЕП, мм<sup>2</sup>;  $r$  — коефіцієнт що залежить від напруги живлення.

Застосування конденсаторних установок напругою 6...10 кВ призводить до завантаження мережі підприємства реактивною потужністю та до збільшення втрат енергії. При цьому, як правило, економічний ефект від компенсації спостерігатиметься тільки в мережах енергосистеми, а не підприємства. Більше того, енергосистема може застосовувати штрафні санкції до підприємства, тому що маючи тільки високовольтні конденсаторні установки досить великої потужності, часто без регулювання потужності, підприємство не зможе витримати задані енергосистемою величини реактивних потужностей у режимах максимуму та мінімуму.

Згідно з вказівками щодо компенсації, до кожної секції розподільчої підстанції напругою 6...10 кВ слід підключати конденсаторні установки однакової потужності, але не менш як 1000 квар. При цьому регулювання реактивної

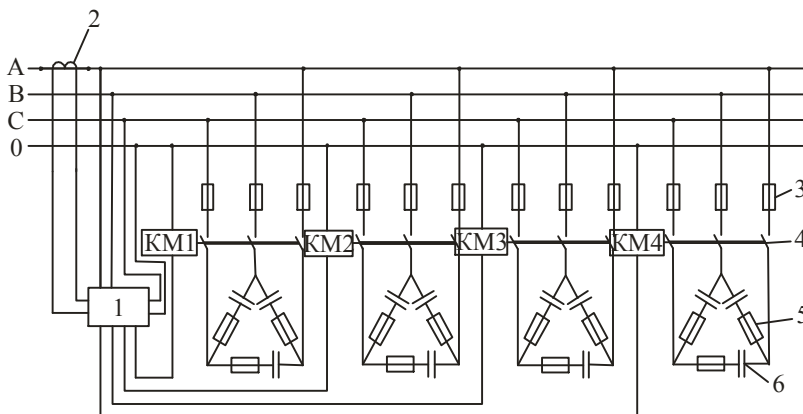
потужності практично виключається, оскільки ретроспективний аналіз показує, що сумарна потужність усіх конденсаторних установок на діючому пересічному підприємстві середньої потужності знаходиться в цих межах.

Проведені теоретичні й експериментальні дослідження дали змогу вдосконалити методика, не порушуючи її фундаментальний принцип.

Якщо підприємство одержує енергію від мережі напругою 10 кВ, при розрахунковому значенні  $Q_{HK} < 200$  квар, для трансформатора підстанції потужністю 1000 кВ·А необхідно встановити конденсаторну установку з мінімальною потужністю 200 квар. Це може бути стандартна конденсаторна установка типу УКМ 0,4-225-37,5. Для трансформаторів підстанції потужністю 630 кВ·А рекомендована мінімальна потужність 110 квар, тобто стандартна конденсаторна установка типу УКМ 0,4-112,5-37,5.

При наявності на підприємстві кількох конденсаторних установок застосовується багатоступеневе регулювання сумарної реактивної потужності шляхом різночасового вмикання чи вимикання окремих батарей згідно з графіком навантаження. Сумарна потужність нерегульованих джерел не повинна перевищувати споживану потужність у години мінімуму навантаження, тому що реактивна потужність не повинна передаватися з мережі підприємства у мережу енергосистеми.

Протягом доби потужність, що генерується, повинна не менш як на 80—90% збігатися з графіком споживаної реактивної потужності. Завжди необхідно забезпечувати вимкнення нерегульованих компенсуючих пристроїв у вихідні дні та неробочі години. Вимкнення може здійснюватися вручну чи автоматично. Число секцій конденсаторних батарей слід вибирати залежно від характеру графіка реактивної потужності. Ступінчасто-регульовані конденсаторні установки виготовляються з різним числом регульованих секцій. Такі установки ступінчастого регулювання дають змогу підтримувати в певних межах задане значення того параметра, на який настроєний вимірювальний орган блока керування. Це є їхньою додатковою перевагою порівняно з нерегульованими шунтовими конденсаторними батареями.



**Рис. Схема конденсаторної установки з дискретним регулюванням потужності**

Ступінчато-регульована конденсаторна установка складається з певної кількості конденсаторів, підімкнених до загальних шин через контактори чи напівпровідникові ключі. Недоліком таких пристроїв є неможливість точного регулювання параметра, тому що потужність батареї змінюється дискретно, збільшуючись або зменшуючись відразу на значення потужності однієї секції.

Автоматичні системи регулювання потужності КУ будують за розімкнутою або замкнутою схемами. При розімкнутій схемі здійснюється автоматичне керування, при замкнутій — автоматичне регулювання. Автоматичне управління можливе тільки для односекційної КУ, автоматичне регулювання — у разі багатосекційної КУ, потужність якої багаторазово змінюється в часі відповідно до вимоги режиму розподільчої мережі.

Для управління за розімкнутою схемою односекційної установки автоматичний регулятор не потрібний, оскільки можна використовувати реле управління, що реагують на будь-який параметр режиму електричної мережі. При регулюванні за замкнутою схемою застосовують спеціальні автоматичні регулятори. При цьому слід використовувати один параметр або комбінацію параметрів, які істотно змінюються зі зміною потужності КУ.

Регулятор РКМ–220/01, забезпечуючи автоматичне регулювання шістьма чи дев'ятьма секціями КУ, або дев'ятьма окремими КУ однієї напруги, можна використовувати для створення систем регулювання реактивної потужності в розподільних мережах промислових підприємств. Узгодження декількох регуляторів, що працюють в одній розподільній мережі, досягається за рахунок використання систем керування. Однак реалізація таких систем з розосередженою установкою значного числа регуляторів у вузлах розподільної мережі та узгодження алгоритмів їх роботи є досить складним завданням. Більш перспективною є побудова систем з централізованим комплексним регулюванням джерел реактивної потужності. Таке регулювання, здійснюване на базі АСДУ енергосистем, вимагає складної мікропроцесорної техніки, значної кількості датчиків і каналів зв'язку.

Регульовані КУ підключають до шин розподільних пристроїв через комутуючий апарат. У мережах напругою до 1000 В це може бути контактор або автоматичний вимикач, а в мережах напругою вище 1000 В — вимикач. Проте умови роботи цих апаратів при експлуатації регульованих КУ відрізняються від умов роботи комутуючих апаратів іншого електрообладнання через перехідні процеси, що виникають у моменти комутації конденсаторних батарей. При перехідних процесах з'являються короточасні імпульси струму, що перевершують номінальний струм КУ, тому необхідно застосовувати пристрої, які обмежують ці перехідні процеси.

При паралельній роботі КУ або окремих її секцій імпульси струму і перенапруги можуть бути значними. Однак вітчизняний і зарубіжний досвід показує, що навіть для потужних КУ максимальний струм включення менший за ударний струм КЗ, який витримує вимикач. Імпульси струму і перенапруги при відключенні КУ можуть бути значнішими, ніж при її включенні, якщо відключення відбувається недостатньо швидко.



Для оптимального розміщення конденсаторних установок в радіальній мережі необхідно мінімізувати функцію

$$f = \sum_{i=1}^n r_i \left[ (Q_{KV i} - Q_i)^2 + \delta_{Q_i}^2 \right], \quad (7)$$

де  $\delta_{Q_i} = \sqrt{D(Q_i)}$  — середньоквадратичне відхилення значення навантаження.

При цьому оптимальна потужність конденсаторних установок визначається за формулою:

$$Q_{KV i} = Q_i + \frac{r_{екв}}{r_i} (Q_{KV \Sigma} - \sum_{i=1}^n Q_i), \quad (8)$$

де  $r_{екв}$  — еквівалентний опір мережі.

### **Висновки**

1. Висока вартість реактивної енергії робить економічно доцільною компенсацію реактивної потужності електроприймачів харчових виробництв.

2. Вартість втрат електричної енергії зростає значно швидше, ніж питома вартість конденсаторів, що дає змогу забезпечити всі асинхронні двигуни конденсаторами індивідуальної компенсації і суттєво знизити втрати в електричних мережах промислових підприємств напругою до 1кВ.

3. Застосування конденсаторів індивідуальної компенсації дає змогу відмовитися від складних і дорогих пристроїв регулювання потужності конденсаторних установок, якими необхідно комплектувати установки централізованої компенсації на трансформаторних підстанціях.

4. Захист двигуна від режиму самозбудження можна здійснити шляхом підключення конденсаторів до затискачів двигуна через автоматичний вимикач, обладнаний електромагнітом дистанційного відключення, паралельно затискачам двигуна підключають реле максимальної напруги, сигнал керування з реле подають на електромагніт автоматичного вимикача і відключають конденсаторну установку при підвищенні напруги безпосередньо на двигуні.

5. Запропонована методика вибору потужності конденсаторних установок не вимагає суттєвих трудовитрат, дає конкретні результати, точність розрахунку практично не залежить від рівня інфляції. Однак методика забезпечує задовільні результати тільки для великих цехів хімічних, машинобудівних і металургійних підприємств. На невеликих підприємствах, особливо якщо вони живляться від кільцевої міської мережі напругою 10 кВ, необхідно вводити поправку до розрахунку.

6. Споживання реактивної потужності протягом доби нерівномірне. Режим роботи всіх джерел реактивної потужності повинен відповідати графіку споживання реактивної потужності. Потужність КУ необхідно змінювати залежно від графіка споживання реактивної потужності.

### **Література**

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

2. Сірий О.М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств / О.М. Сірий, В.Є. Шестеренко. — Київ : ІСДО, 2003, — 592 с.
3. Шестеренко В.Є. Електропостачання промислових підприємств / В.Є. Шестеренко, О.В. Шестеренко. — Київ : 2013. — 424 с.
4. Shesterenko V., Sydorchuk I. Reactive power compensation in the combined system of sugar refinery electricity // Ukrainian food journal. — 2013. — Volume 2, Issue 1. — P.116—122.
5. Шестеренко В.Є. Оптимізація систем електроспоживання промислових підприємств. — Київ : ЧП «Глана», 2001. — 214 с.
6. Shesterenko V., Sydorchuk 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.
7. Shesterenko V., Izvolenskiy 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.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**В.Е. Шестеренко, И.Е. Изволенский**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены пути повышения эффективности компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях. Приведены основные аспекты нормативной методики выбора мощности компенсирующих устройств в зависимости от напряжения сети и конфигурации отдельных ее элементов. Система комплексной компенсации обеспечивает смену в акцентах управления мощностями конденсаторных установок от децентрализации к системной целеустремленности решения проблемы, что концептуально связано с оптимизацией режима электропотребления на промышленном предприятии. Также представлены рекомендации по внедрению системы.*

**Ключевые слова:** реактивная мощность, компенсация, система электро-снабжения.

УДК 664.655.041

## SOME MODELING RESULTS OF THE TUNNEL BAKING OVEN HEATING SYSTEM OPERATION

S. Dudko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Baking oven*  
*Fuel consumption*  
*Loss of heat*  
*Excess air ratio*  
*Factor of gas recycling*  
*Baking mode*

---

**Article history:**

Received 09.01.2017  
Received in revised form  
21.01.2017  
Accepted 05.02.2017

---

**Corresponding author:**

S. Dudko  
E-mail:  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The results of mathematical simulation in the stationary mode of baking oven are presented in this paper. Baking of the first grade wheat flour hearth bread (1.0 kg) was simulated. Tunnel type oven with cyclothermic heating system has a baking area of 25 m<sup>2</sup>, three thermal zones as well as flat channels on the top and bottom of the baking chamber. The influence of excess air ratio in flue gases as a parameter characterizing the gas permeability of the heating system was studied. The subject of the research was also to study the changes of some oven functions (fuel consumption, temperature and exhaust gas volume flow, relative loss of heat with the exhaust gases) when changing the settings, which are subjected to regulation when configuring the baking mode (gases recycling factor, the temperature of gases in the mixing chamber). The numerical values giving the opportunity to evaluate the impact of baking oven operation parameters at the stage of its designing or operation were obtained.

---

## ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ НАГРІВНОЇ СИСТЕМИ ТУНЕЛЬНОЇ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПЕЧІ

С.Д. Дудко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати математичного моделювання роботи хлібопекарської печі у стаціонарному режимі при випіканні булки круглої з пшеничного борошна першого татунку (1,0 кг). Піч тунельного типу з циклотермічною нагрівною системою має площу поду 25 м<sup>2</sup>, три теплові зони, плоскі канали зверху і знизу пекарної камери. Досліджено вплив коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах як параметра, що характеризує газопроникність нагрівної системи, зміни деяких функцій стану печі (витрата палива, температура і витрата викидів, відносна втрата теплоти з викидами) при зміні параметрів, що є предметом регулювання при налаштуванні теплового режиму випікання (коефіцієнт рециркуляції, температура газів у камері змішування топкових і рециркуляційних газів). Отримано чисельні значення величин, що дає змогу оцінити вплив згаданих параметрів на результати роботи печі на стадії її проектування чи при налагоджувальних роботах на працюючій печі.

**Ключові слова:** *хлібопекарська піч, витрата палива, втрати теплоти, коефіцієнт надлишку повітря, коефіцієнт рециркуляції, режим випікання.*

**Постановка проблеми.** Аналіз літературних джерел свідчить про вкрай обмежену кількість досліджень впливу на показники роботи промислової хлібопекарської печі її конструктивних особливостей і деяких параметрів, що зазвичай є об'єктами регулювання при відтворенні теплового режиму випікання. Проте саме такі дані становлять найбільшу практичну цінність і відкривають шлях до створення нових зразків пічної техніки та високоефективного автоматичного керування їх роботою, що має забезпечити вагомий економічний ефект.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Випікання борошняних виробів у печах є комплексним процесом значного ступеня складності. Для його вивчення доцільно розглядати випікання виробів у печі як сукупність кількох теплових процесів. Одним із найбільш складних для вивчення серед цих процесів є, власне, випікання — перетворення тістової заготовки у готовий виріб унаслідок прогрівання. За останні 60 років, відколи розпочалося активне наукове теоретичне й експериментальне дослідження процесу випікання хлібобулочних та інших борошняних виробів, напрацьований значний обсяг даних щодо перенесення теплоти і вологи всередині виробів, що випікаються. Так, досліджені теплофізичні характеристики і властивості тіста-хліба, кінетика його прогрівання, механізм формування необхідних якісних показників, притаманних тому чи іншому асортименту виробів тощо. Отримані дані дають змогу моделювати процес випікання різного асортименту виробів. Процеси, що відбуваються в тісті-хлібі, описано у [1; 2]. Серед праць в англomовному сегменті наукової літератури варто відзначити [3; 4; 5].

Ще одним процесом, який наразі також достатньо вивчений, є тепломасообмін між тістом-хлібом і середовищем пекарної камери печі. У ході численних досліджень отриманий масив даних щодо впливу та оптимальних значень температури, вологості, відносної швидкості середовища пекарної камери й теплового потоку, що сприймається відкритою та контактною поверхнями виробів упродовж процесу випікання [1; 6; 7] при різних режимах теплообміну (радіаційний, конвективний, мікрохвильовий та їх комбінації).

Ще одним елементарним процесом є передача теплоти від нагрівної системи печі до пекарної камери згідно з бажаними значеннями теплового потоку у відповідні моменти процесу випікання. Тобто йдеться про обігрів пекарної камери з відтворенням теплового режиму випікання заданого асортименту виробів відповідно до оптимальних значень параметрів, про які йшлося вище. Ступінь відтворення визначається конструкцією нагрівної системи печі та її налаштуванням.

Залежно від способу обігріву пекарної камери хлібопекарські печі поділяють на електричні, термооливні та каналні на рідкому, твердому паливі, газові (з прямим і непрямим спалюванням). Серед парку промислових печей в економічно розвинених країнах найбільш поширеними є газові тунельні печі з циклотермічною нагрівною системою, що складається з кількох зон обігріву, в яких теплота димових газів передається через стінки каналів до

пекарної камери. Спроби дослідити закономірності роботи та розробити методики інженерного розрахунку нагрівної системи такого типу здійснювалися переважно українськими і російськими вченими [2; 8; 9; 10], в англomовному сегменті аналогічні публікації практично відсутні.

**Метою статті** є дослідження впливу особливостей конструкції нагрівної системи та її налаштування на технічні й економічні показники роботи циклотермічної тунельної печі з трьома тепловими зонами.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктом дослідження є канална хлібопекарська піч марки ПХК-25, що опалюється природним газом, аналогічним газу Дашавського родовища. Асортимент — булка кругла з пшеничного борошна першого гатунку масою 1,0 кг. Такі вихідні дані вибрані для можливості порівнювання результатів моделювання з існуючим прикладом повного інженерного розрахунку печі, наведеним у [10]. Як вихідні дані щодо кількості теплоти, підведеної до пекарної камери з боку верхніх і нижніх каналів у межах кожної з трьох зон обігріву та, відповідно, температури робочих стінок каналів використані розрахунки теплообміну в пекарній камері, наведені в [10].

*Таблиця. Вихідні дані для моделювання*

Зона обігріву	Канал				
	Положення відносно пекарної камери	Площа, м <sup>2</sup>	Довжина, м	Температура робочої стінки, °С	Передана теплова потужність, кВт
Перша	верхній	6,88	3,2	330	33,5
	нижній	9,353	4,35	325	45,6
Друга	верхній	8,17	3,8	270	19,8
	нижній	8,17	3,8	260	18,6
Третя	верхній	8,17	3,8	250	15,1
	нижній	8,17	3,8	240	14,0

Дослідження впливу різних параметрів на показники роботи печі виконувалися шляхом комп'ютерного моделювання відповідно до математичної моделі та алгоритму інженерного розрахунку нагрівної системи [11]. При моделюванні дискретно змінювали вихідні дані — температуру димових газів у камері змішування печі в межах 450—650 °С з кроком 50 °С та коефіцієнт надлишку повітря у викидних газах  $\alpha_{off}$  у межах 2,1—3,3 з кроком 0,4. Коефіцієнт надлишку повітря в топці приймали незмінним  $\alpha_t = 1,2$ . Таким чином усього було змодельовано 20 різних теплових станів печі.

При одноразовому розрахунку печі значення коефіцієнта надлишку повітря у визначених точках газового тракту можуть бути прийняті сталими, наприклад, як у [10]. Однак при моделюванні множини теплових станів необхідно враховувати, що цей коефіцієнт є функцією коефіцієнта рециркуляції. Коефіцієнт надлишку повітря в камері змішування  $\alpha_{mix}$  розраховується за формулою:

$$\alpha_{mix} = \frac{\alpha_t + r\alpha_{off}}{1 + r},$$

де  $r$  — коефіцієнт рециркуляції.

За відсутності об'єктивних даних щодо закономірностей зміни коефіцієнта надлишку повітря на вході  $\alpha_{in}$  і на виході з каналів  $\alpha_{out}$  розрахунок його значень виконували, виходячи з припущення, що  $\alpha_{in} = \alpha_{mix} + \Delta\alpha$ ,  $\alpha_{out} = \alpha_{off} - \Delta\alpha$ , де  $\Delta\alpha = (\alpha_{off} - \alpha_{mix}) / 7$ . При підстановці вихідних даних, наведених у [10] ( $\alpha_{mix} = 2,15$ ;  $\alpha_{mix} = 2,5$ ), застосування такого припущення дає змогу отримати в підсумку ті самі значення коефіцієнта надлишку повітря на вході і виході каналів ( $\alpha_{in} = 2,2$ ;  $\alpha_{out} = 2,45$ ), що фігурують у згаданому прикладі розрахунку.

В усіх випадках при моделюванні алгоритм обчислень залишався незмінним, а саме: первинний розрахунок, при якому значення коефіцієнта рециркуляції поки що невідоме, виконували, керуючись припущенням, що середня витрата газів у каналі визначається за умови, що зовнішня інфільтрація повітря в каналі відсутня. Наступні обчислення виконували вже з урахуванням отриманого проміжного значення коефіцієнта рециркуляції та відповідно розрахованої інфільтрації повітря шляхом підстановки значень параметрів, обчислених на попередній ( $n-1$ ) ітерації, як вихідні дані для поточної ( $n$ ) ітерації. Ітераційний процес припиняли при досягненні точності обчислень значень коефіцієнта рециркуляції у двох послідовних ітераціях  $|r_n - r_{n-1}| < 0,005$ .

У всіх представлених нижче залежностях, у яких фігурує витрата димових газів, об'єм газів приведений до нормальних умов.

**Результати обговорення.** Одним із головних економічних показників роботи печі є питома витрата палива на виробництво одиниці продукції, м<sup>3</sup>/кг, або за одиницю часу, м<sup>3</sup>/год. Витрата палива залежить від багатьох чинників, зокрема від вмісту повітря в димових газах та їх температури перед входом у нагрівну систему (у камері змішування топкового пристрою). Той факт, що збільшення коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах призводить до збільшення витрати палива, є загальновідомим. Однак вплив температури газів перед теплообмінними пристроями досліджений недостатньо, дані щодо цього чинника для печей з кількома тепловими зонами наразі відсутні. На рис. 1 наведена залежність витрати палива від температури газів у камері змішування при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах.

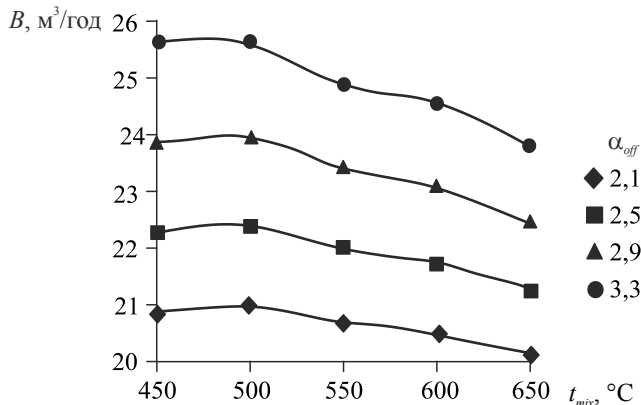
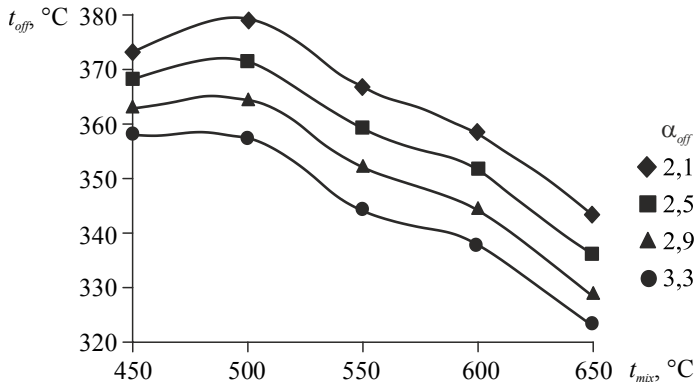


Рис. 1. Залежність витрати палива від температури газів у камері змішування при різних значеннях  $\alpha_{off}$

Характер кривих в основному підтверджує закономірність, виявлену нами раніше при моделюванні одиничного каналу щодо наявності максимуму витрати палива при температурі близькій до 500 °С і такої, що явно простежується, тенденції до зниження витрати палива при збільшенні температури суміші. Особливо ця тенденція відчутна при збільшенні значень коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах. При  $\alpha_{off} = 3,3$  збільшення витрати палива при зниженні температури від 650 °С до 500 °С становить 7,6 %, при  $\alpha_{off} = 2,1$  — лише 4,3%.

У першому наближенні витрату палива зазвичай пов'язують із температурою викидів (чим вища температура — тим більша витрата палива). Як видно з рис. 2, такий підхід загалом є виправданим: графіки залежності витрати палива від температури суміші й температури викидів від температури суміші зовні схожі.



**Рис. 2. Залежність температури викидних газів від температури суміші**

Однак принциповою відмінністю графіків на рис. 1 і 2 є різна залежність відповідних функцій від коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах. За однакової температури суміші більша витрата палива відповідає більшому значенню  $\alpha_{off}$ , а більша температура викидів — меншому надлишку повітря в них. Таким чином, аналізувати економічність різних теплових режимів печей за параметром температури викидів можливо лише за умови одночасного врахування значення коефіцієнта надлишку повітря.

При проведенні порівняльного аналізу енергетичної ефективності печей більш зручним показником, ніж абсолютна витрата палива, є відносна втрата теплоти з викидними газами. Цей показник характеризує відношення кількості теплоти, що виноситься з печі з димовими газами, до загальної кількості теплоти підведеної до печі:

$$q_{off} = \frac{I_{off}^0}{LHV + I_{\alpha_{off}}^0}, \quad (1)$$

де  $LHV$  — нижня теплота згорання палива, кДж/м<sup>3</sup>;  $I_{off}^0$  — ентальпія викидних газів, на одиницю палива, кДж/м<sup>3</sup>;  $I_{\alpha_{off}}^0$  — ентальпія підсмоктаного повітря при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha_{off}$ , на одиницю палива, кДж/м<sup>3</sup>.

Залежність між витратою палива і відносною втратою теплоти з викидами близька до лінійної (рис. 3), тому ті чи інші параметри, які впливають на витрату палива, практично в такій же мірі впливають (з протилежним знаком) на відносні втрати теплоти з викидами. Характерно, що всі точки, належні до функції  $B = B(q_{off}, \alpha_{off})$ , витягуються в ланцюжок і апроксимуються однією лінією, що дає змогу абстрагуватися від впливу вмісту повітря в димових газах.

Незначне відхилення функції від лінійності проявляється в тому, що її графік із збільшенням відносних втрат теплоти відхиляється ближче до осі ординат, тобто співвідношення  $B/q_{off}$  при збільшенні  $\alpha_{off}$  також дещо збільшується.

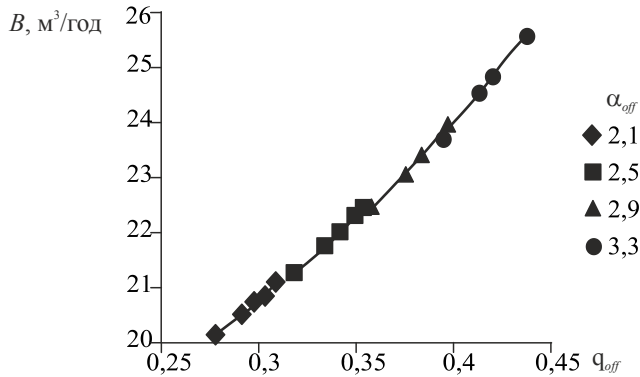


Рис. 3. Залежність між витратою палива і відносними втратами теплоти з викидами

Це відбувається за рахунок зменшення величини  $q_{off}$  внаслідок того, що із зростанням  $\alpha_{off}$  за однакових інших умов зменшується температура викидних газів (рис. 4), а отже, зменшується і їх ентальпія, що стоїть у чисельнику формули (1). Про положення графіка на рис. 4, що відповідає температурі суміші 450 °С, йтиметься нижче.

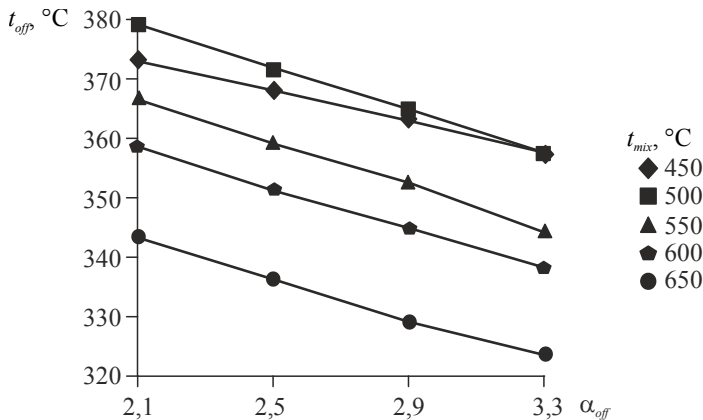
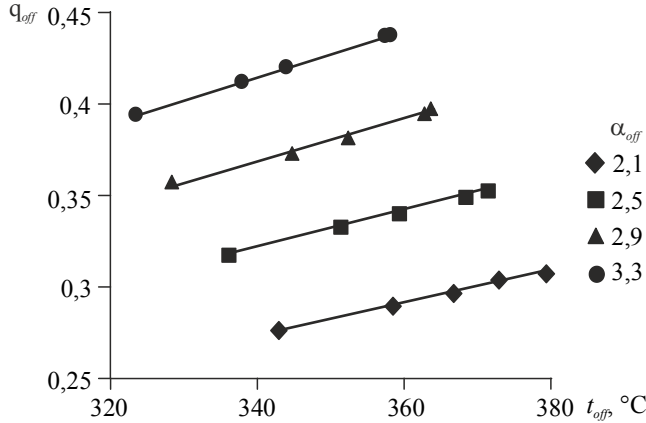


Рис. 4. Залежність між температурою викидних газів і коефіцієнтом надлишку повітря в них

Так само, як і витрата палива, відносні втрати відчутно залежать від коефіцієнта надлишку повітря в димових газах. Відповідно до рис. 5, ці



залежності є строго лінійними і мають вигляд майже паралельних прямих. Відносні втрати зростають при збільшенні  $\alpha_{off}$  і температури викидних газів. Отримані нами лінійні залежності загалом збігаються з результатами, наведеними в [12], хоча спостерігаються деякі розбіжності в значеннях величин.

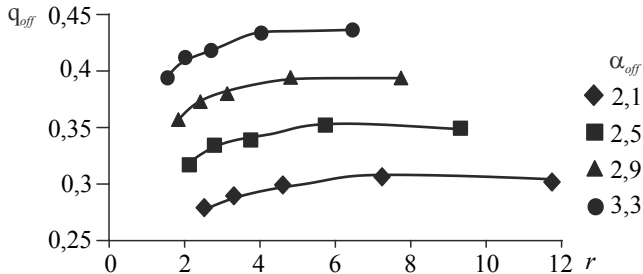


**Рис. 5.** Залежність відносних втрат теплоти з викидними газами від їх температури

Однією з важливих характеристик роботи циклотермічної нагрівної системи, яка водночас є аргументом системи рівнянь математичної моделі, є коефіцієнт рециркуляції, що входить до числа величин, які фіксуються в актах випробувань при пусконаладжувальних роботах на печах. Коефіцієнт рециркуляції визначається як співвідношення кількості викидних газів до загальної кількості димових газів у точці розділення потоків (практично — у вентиляторі рециркуляції), де відбувається їх максимальна витрата:

$$r = \frac{V_{off}}{V_{max}} \quad (2)$$

На рис. 6 наведена залежність відносних втрат теплоти від коефіцієнта рециркуляції при різних значеннях  $\alpha_{off}$ .



**Рис. 6.** Залежність відносних втрат теплоти від коефіцієнта рециркуляції

Характер графіків, що відповідають різним значенням  $\alpha_{off}$ , є однаковим: зростання з поступовим уповільненням до певної межі, після досягненні якої відносні втрати теплоти з викидними газами дещо зменшуються. Зростання

коефіцієнта рециркуляції, у свою чергу, означає збільшення секундного об'єму димових газів, що рухаються через нагрівну систему, при одночасному зниженні їх температури. При зниженні температури суміші до 450 °С відбувається незначне зменшення втрат теплоти з викидними газами. Ця особливість помітна також на рис. 4, де простежується відхилення графіка, що відповідає температурі в камері змішування 450 °С, від загальної картини, накресленої іншими графіками.

До важливих показників, що характеризують роботу печі в цілому, можна віднести максимальну об'ємну витрату димових газів. Знання меж варіації цього показника дає змогу коректно розрахувати характеристики і зробити вибір вентилятора рециркуляції. Зв'язок між коефіцієнтом рециркуляції та витратою газів через вентилятор рециркуляції відображено на рис. 7.

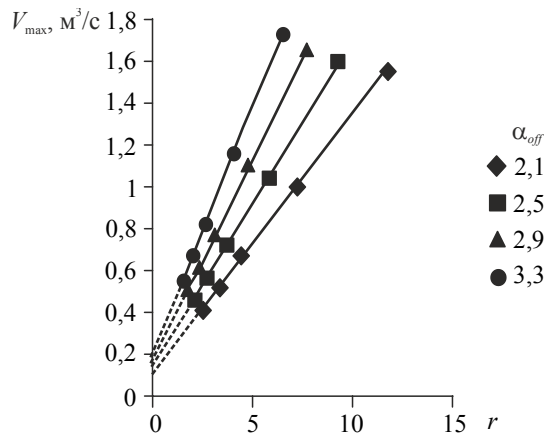


Рис. 7. Залежність максимального значення об'ємної витрати газів від коефіцієнта рециркуляції

Графіки функції  $V_{\max} = V(r)$  апроксимуються прямими відрізками ліній тренду, які беруть початок на осі ординат. При  $r = 0$  максимальна витрата газів така ж, як і за відсутності рециркуляції (повне видалення димових газів) при відповідному значенні  $\alpha_{off}$ .

При експлуатації печей важливе значення має підтримання температури газів у певних межах перед надходженням їх до розподільних газоходів нагрівної системи печі. Висока температура газів (понад 540 °С для конструкційних чорних сталей) призводить до швидкого прогорання частин газорозподільної системи. Температуру робочої суміші регулюють, корегуючи співвідношення топкових і рециркуляційних газів. Існує всього два канали регулювання: зміною витрати палива або зміною коефіцієнта рециркуляції. Більш вигідним є другий шлях, оскільки витрата палива має відповідати тепловому балансу печі. Відхилення від визначеного балансом значення призведе або до погіршення якості виробів (недопечення), або до перевитрати палива. На рис. 8 представлена залежність температури газів у камері змішування від коефіцієнта рециркуляції при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря у викидах. Ця залежність має принципово нелінійний характер.

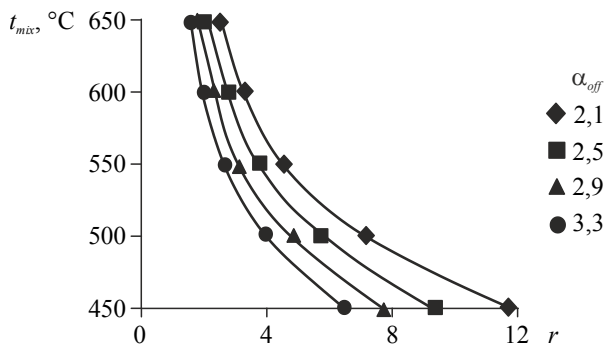


Рис. 8. Залежність температури газів у камері змішування від коефіцієнта рециркуляції

Найбільш важливими параметрами теплопередачі при радіаційно-конвективному теплообміні, що відбувається в каналах печі, є витрата газів та їх температура. У свою чергу, існує також залежність між цими параметрами на рівні системи обігріву в цілому. На рис. 9 представлена залежність витрати газів через вентилятор рециркуляції від температури в камері змішування при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря у викидних газах. Відносно збільшення витрати газів через вентилятор рециркуляції при зміні вмісту повітря в них більш помітне при високій температурі у камері змішування. Так, при зміні  $\alpha_{off}$  від 2,1 до 3,3 при 650 °С об'ємна витрата зростає на 32,3%, тоді як при 450 °С — лише на 11,4%. Найбільше на витрату газів через вентилятор впливає температура у камері змішування: при зниженні температури від 650 °С до 450 °С об'ємна витрата зростає у 3,2...3,8 раза за законом, близьким до ступеневого.

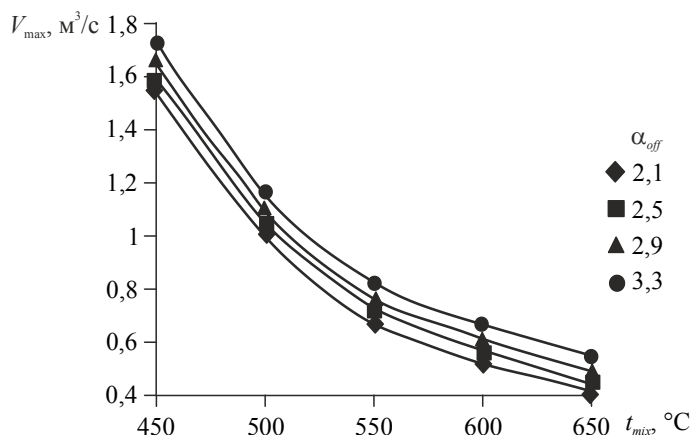


Рис. 9. Залежність витрати газів у вентиляторі рециркуляції від їх температури в камері змішування

На даний час на підприємствах значного поширення набули утилізатори скидної теплоти, застосування яких дає змогу суттєво підвищити коефіцієнт використання теплової енергії. Для розрахунку цих пристроїв необхідно

знати середні і крайні значення таких параметрів теплоносія, як його температура і об'ємна витрата. На рис. 10 представлена залежність температури викидних газів від їх витрати. Графіки свідчать, по-перше, про наявність строгої кореляції між цими параметрами, по-друге, що навіть незначне збільшення кількості викидів призводить до різкого збільшення їх температури.

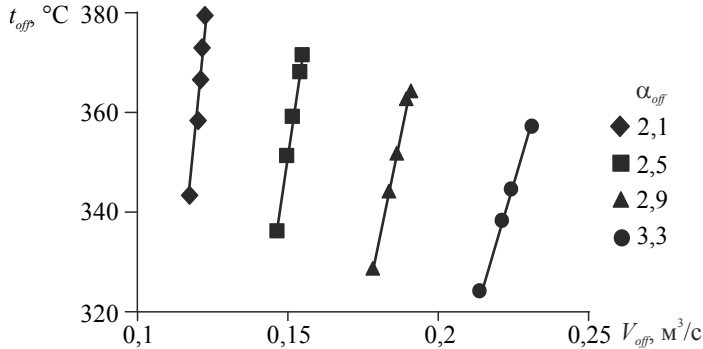


Рис. 10. Залежність між температурою викидних газів та їх витратою

Це пояснюється тим, що витрата викидних газів дорівнює сумі витрат топкових газів і підсмоктаного повітря в систему нагріву. Якщо кількість підсмоктаного повітря незмінна ( $\alpha_{off} = \text{const}$ , як на рисунку), приріст об'єму викидів забезпечується лише за рахунок збільшення витрати високотемпературних топкових газів, що за умови незмінності всіх інших витрат і втрат теплоти в печі позначається різким зростанням температури викидних газів.

### Висновки

Отримані результати моделювання теплових станів хлібопекарської печі з трьома тепловими зонами при реалізації заданого режиму випікання дають змогу оцінити показники роботи каналної нагрівної системи при варіюванні деяких параметрів, які пов'язані з її фізичним станом (зокрема, газопроникністю), та/або з налаштуванням органів керування, якими регулюються такі параметри теплового стану, як температура в камері змішування, коефіцієнт рециркуляції, витрата палива тощо. Характерно, що значна частина отриманих залежностей мають лінійний характер. Ці результати можуть бути використані при проектуванні нових та експлуатації діючих печей, зокрема, при їх автоматизації.

### Література

1. Лисовенко А.Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах / А.Т. Лисовенко. — Москва : Пищевая пром-сть, 1976. — 215 с.
2. Брязун В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки пшеничных хлебобулочных изделий / В.А. Брязун, В.И. Маклюков, М.Ф. Аднодворцев, А.А. Бочарников. — Москва : Пищепромиздат, 2004. — 272 с.
3. Zaroni B., Pierucci S. and Pen C. 1994. Study of the bread baking process-II. Mathematical modeling // Journal of Food Engineering. — 23. — P. 321—336.
4. Kambourova V., Zheleva I. Identification of heat and mass transfer processes in bread during baking // Thermal science. — 2005. — Vol. 9, # 2. — P. 73—86.

5. Mistry H., Ganapathi-Subbu Dey, S., Bishnoi P. & Castillo J.L. 2006. Modeling of Transient Natural Convection Heat Transfer in Electric Ovens. Applied Thermal Engineering. 26(17—18). — P. 2448—2456.
6. Altamirano-Fortoul R., Le-Bail A., Chevallier S. & Rosell C.M. 2012. Effect of the Amount of Steam During Baking on Bread Crust Features and Water Diffusion. Journal of Food Engineering. 108(1). — P. 128—134.
7. Williamson M. E. & Wilson D. I. 2009. Development of an Improved Heating System for Industrial Tunnel Baking Ovens. Journal of Food Engineering. 91(1). — P. 64—71.
8. Володарський А.В. Влияние переменных параметров работы хлебопекарных печей на их характеристики / А.В. Володарський, В.М. Хряпа, М.Н. Сигал, В.А. Жураховский // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1987. — № 7. — С. 39—43.
9. Брязун В.А. Повышение эффективности выпечки в современных хлебопекарных печах : автореф. дис. докт. техн. наук. — Москва : МГАПП, 1994. — 46 с.
10. Михелев А.А. Практикум по курсу «Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства» : [учебное пособие для студентов вузов] / А.А. Михелев, А.В. Володарский. — Москва : Пищевая промышленность, 1974. — 288 с.
11. Дудко С.Д. Математична модель і алгоритм машинного розрахунку коефіцієнта рециркуляції та витрати палива в тунельній хлібопекарській печі / С. Д. Дудко // Харчова промисловість : науковий журнал. — Київ : НУХТ, 2015. — № 17. — С. 137—143.
12. Брязун В.А. Энергосберегающие тоннельные печи АЗ-ХП1 / В.А.Брязун // Хлебопечение России. — 2006. — № 4. — С. 16—17.

## **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА ТУННЕЛЬНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ**

**С.Д. Дудко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены результаты математического моделирования работы хлебопекарной печи в стационарном режиме при выпечке булки круглой из муки пшеничной первого сорта (1,0 кг). Печь туннельного типа с циклотермической системой обогрева имеет площадь пода 25 м<sup>2</sup>, три тепловые зоны, плоские каналы сверху и снизу пекарной камеры. Исследовано влияние коэффициента избытка воздуха в уходящих газах как параметра, характеризующего газопроницаемость системы нагрева, изменение некоторых функций состояния печи (расход топлива, температура и расход уходящих газов, относительная потеря теплоты с уходящими газами) при изменении параметров, являющихся предметом регулирования при настройке теплового режима выпечки (коэффициент рециркуляции, температура газов в камере смешения топочных и рециркуляционных газов). Получены численные значения величин, дающие возможность оценить влияние названных параметров на результаты работы печи на стадии ее проектирования либо при наладочных работах на существующих печах.*

**Ключевые слова:** *хлебопекарная печь, расход топлива, потери теплоты, коэффициент избытка воздуха, коэффициент рециркуляции, режим выпечки.*

## STRUCTURAL AND BIOCHEMICAL SHIFTS IN PROTEIN COMPOUNDS DURING WILD BERRIES FREEZING

G. Simakhina, S. Khalapsina

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Black currant berries*  
*Freezing*  
*Cold adaptation*  
*Amino acids*  
*Biological value*  
*Protein factions*

---

**ABSTRACT**

The renewal of national food industry and the achievement of competitiveness by its production seem to be possible due to the implementation of up-to-date technological processes alongside with using new equipment and widening the array of raw materials. The authors of the article grounded and experimentally asserted the fact of structural and biochemical transformations of protein compounds contained in wild berries (considering black currant, or *Ribes nigra* L., as an example), which are conditioned by low temperatures. The influence of the latter would cause a range of positive changes in biocomponents of wild black currant. We particularly observed the gain of high-soluble protein factions, the increase of proteins' validity, and also their easier digestibility by proteolytic enzymes.

---

**Article history:**

Received 09.01.2017  
Received in revised form  
23.01.2017  
Accepted 22.02.2017

---

**Corresponding author:**

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

---

## СТРУКТУРНІ І БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ БІЛКОВИХ СПОЛУК ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ ДИКОРΟΣЛИХ ЯГІД

Г.О. Сімахіна, С.В. Халапсіна

Національний університет харчових технологій

Відродження вітчизняної харчової промисловості, доведення виробленої нею продукції до конкурентоспроможного стану можливе завдяки впровадженню новітніх технологічних процесів із використанням нового обладнання і розширенням спектра сировинних матеріалів. У статті обґрунтовано та експериментально констатовано факт структурних і біохімічних перетворень білкових сполук дикорослих ягід (на прикладі смородини *Ribes nigra* L.) під впливом низьких температур. Дія низьких температур викликає ряд позитивних змін у структурі біокомпонентів ягід смородини. Зокрема, збільшується частка легкорозчинних білкових фракцій, підвищується повноцінність білків, полегшується їх перетравність протеолітичними ферментами.

**Ключові слова:** ягоди смородини, заморожування, холодова адаптація, амінокислоти, біологічна цінність, фракції білків.

**Постановка проблеми.** Загальним завданням харчової та переробної промисловостей є організація постачання населенню якісних продуктів не

лише в сезон збору та перероблення плодоовочевої сировини, і не лише у сировинних зонах, а протягом усього року, в усіх регіонах України і в широкому асортименті.

Для скорочення втрат сировини і її цінних біокомпонентів (передусім вітамінів) у процесі перероблення необхідно розробляти та реалізувати нові, значно досконаліші технології харчових продуктів, адекватних за компонентним складом потребам сучасної людини — продуктів оздоровчого, профілактичного, функціонального призначення.

Світовий досвід показує, що найбільш ефективним способом вирішення цієї проблеми є використання низькотемпературних технологій при заготівлі сільськогосподарської продукції, її транспортуванні, переробленні, зберіганні та реалізації, оскільки традиційні високотемпературні процеси призводять до руйнування більшості біологічно активних речовин сировини, втрат мікро- та макроелементами легкозасвоюваної органічної форми, утворення неперетравлюваних протеолітичними ферментами комплексів тощо.

На жаль, в Україні поки що випускається недостатньо власної замороженої продукції, особливо плодово-ягідної. У незначних кількостях її виробляють приватні підприємства невеликої потужності, а отримана продукція здебільшого низької якості, вона швидко псується, оскільки відсутні ефективні технології заморожування рослинної сировини. Залишається актуальною проблема не тільки розроблення нових, а й удосконалення існуючих у світовій практиці холодильних технологій за рахунок поєднання холоду з іншими фізичними й технологічними впливами: контрольованою газовою атмосферою для зберігання сировини, сучасними пакувальними матеріалами, використанням електричних і магнітних полів, тиску тощо [1].

Актуальною також є організація безпосередньо на плодоовочевих фермах цехів різної продуктивності з виробництва заморожених ягід, фруктів, овочів, сумішей напівфабрикатів. Це надасть можливість отримати якісні продукти з високим вмістом вітамінів, раціонально і без втрат переробити вирощену сировину, поліпшити постачання населення оздоровчою продукцією. Більш того, такі підприємства сприятимуть створенню стабільних колективів кваліфікованих фахівців, здатних своїми зусиллями налагоджувати і розвивати виробництво замороженої плодоовочевої сировини, генерувати нові наукові ідеї і втілювати їх у вигляді новітніх технологій, в тому числі із селекції та виведення сортів, найбільш придатних до заморожування і зберігання.

Розвиток холодильних технологій, орієнтованих на виробництво високоякісної плодоовочевої продукції та дієтичних добавок, передбачає використання результатів фундаментальних досліджень у галузі біохімії, фізики, мікробіології, нутриціології та інших наук. Разом з тим, необхідними є подальші дослідження, спрямовані на з'ясування механізму кристалізації води та ступінь кріоушкоджень рослинних клітин при низьких температурах, вивчення особливостей заморожування високовітамінної сировини й тих структурних і біохімічних перетворень, яких зазнають біокомпоненти при дії низьких температур. Саме з'ясуванню останнього питання і присвячене це дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сфері людської діяльності дикорослі плодови набувають поліфункціонального значення: водоохоронне та лісоутворююче при лісовідновленні, захисне в плодо- та лісосмугах, як вихідний матеріал у селекції; для харчових, лікувальних і дієтичних цілей, як тих, що природно ростуть, а також отриманих у результаті внутрішньо-видової гібридизації [2; 3; 4].

Дикорослі плоди та ягоди — багате природне джерело вітамінів, мінеральних сполук, вуглеводів, органічних кислот, ароматичних та інших сполук. Їхня цінність визначається комплексом біологічно активних речовин, зокрема якісним і кількісним складом поліфенолів і аскорбінової кислоти, що є синергістами у живому організмі; каротиноїдами, вітамінами групи В, пектиновими речовинами. Плоди багатьох дикорослих видів, завдяки природному збалансованому співвідношенню цукрів та органічних кислот, вирізняються чудовими харчовими якістьми і є важливим резервом у вирішенні проблеми забезпечення населення України здоровим харчуванням.

Загальний вміст азотистих сполук у дикорослих плодах та ягодах невисокий. Однак білки й амінокислоти, що входять до їхнього складу, є найважливішими компонентами їжі. Вільні амінокислоти — не лише необхідна складова харчування, а й сполуки, що визначають органолептичні й технологічні властивості харчових продуктів, відповідають за формування смаку, кольору, аромату (А.Т. Марх, 1973). Амінокислоти із сульфгідрильними групами мають антипроменеуву дію (Л.І. Вігоров, 1968). Відомі й інші корисні ефекти амінокислот [5].

Попри думку деяких авторів, які вважають необґрунтованим розглядати плодово-ягідну сировину як джерело білків та амінокислот, наша точка зору — інша: білкові сполуки даної групи рослинних матеріалів не менш важливі для вивчення, ніж вуглеводи, вітаміни, органічні кислоти. Тим більше, що в деяких дикорослих ягодах, наприклад у смородині, частка білків рівнозначна їхньому вмістові в овочевих культурах — моркві, буряку [6].

Особливо важливим є вивчення тих змін, яких зазнають білкові сполуки в процесах перероблення сировини, адже від цього значною мірою залежить біологічна цінність отриманих продуктів, перетравлюваність компонентів і ступінь їх засвоєння живим організмом.

**Метою статті** є з'ясування структурних і біохімічних змін білків та амінокислот при заморожуванні ягід смородини і їх зберіганні в замороженому стані.

**Виклад основних результатів дослідження.** Як предмет дослідження обрано дикорослі ягоди смородини (*Ribes nigra* L.). Ягоди зібрано в Київській області в липні-серпні. У цей період ягоди відзначаються найвищим вмістом цінних біологічно активних речовин, а вміст білків досягає 1...1,2%.

Виконані попередні дослідження показали, що за багатьма показниками дикорослі ягоди є досить придатною для заморожування сировиною. Це стосується передусім:

- складу біологічно активних речовин ягід і отриманих із них продуктів;
- підвищення біологічної цінності окремих компонентів при холодовій адаптації;



- важливої кріопротекторної ролі моно- та дицукрів у стабілізації та функціональній інтеграції внутрішньоклітинних макромолекул і мембранних структур;
- покращення техніко-економічних показників консервних заводів у результаті впровадження безвідходних технологій перероблення сировини.

Відомо (В.Л. Кретович, 1980), що за розчинністю у різних системах білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни. Альбуміни (водорозчинні білки) — характеризуються найбільшою харчовою та біологічною цінністю. Вони з мінімальними витратами енергії перетворюються в організмі людини на найбільш збалансовані за амінокислотним складом білки.

Глобуліни (солерозчинні білки) також відзначаються високою біологічною цінністю, але здебільшого лімітовані за сірковмісними амінокислотами. В спирто- та лужнорозчинних фракціях білків (глютеліни та проламіни) відсутні деякі незамінні амінокислоти, вони важче піддаються дії протеолітичних ферментів і знижують біологічну цінність харчових продуктів.

У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків ягід смородини, тому такі дослідження було проведено в цій роботі. Встановлено, що на водорозчинну фракцію (альбуміни та легкорозчинний глобулін) припадає 53,9 % від загальної маси білків, на солерозчинну (важкорозчинні глобуліни) — 23,9 %, на лужнорозчинну — 13,15 %, спирторозчинну — 10,2 %.

Можна припустити, що кожна із цих фракцій білка під дією низьких температур зазнаватиме певних змін, і це істотно впливатиме на їхню розчинність, а отже, й різний ступінь розщеплення в організмі до амінокислот, які з певними витратами енергії перетворюються на білки з найбільш збалансованим амінокислотним складом.

У табл. 1—4 наведено результати вмісту амінокислот у водорозчинній (табл. 1), солерозчинній (табл. 2), лужнорозчинній (табл. 3) та спирторозчинній фракціях (табл. 4) у свіжих ягодах смородини (контроль), у ягодах відразу після заморожування та через 30 днів зберігання у замороженому вигляді.

*Таблиця 1. Масова частка амінокислот ягід смородини, % від загального білка, у водорозчинній фракції*

Амінокислоти	Умови експерименту					
	контроль	$\sigma_{\pm}$	після заморожування	$\sigma_{\pm}$	через 30 днів зберігання	$\sigma_{\pm}$
1	2	3	4	5	6	7
Лейцин	0,93	0,012	1,34	0,037	1,38	0,026
Фенілаланін	0,61	0,026	0,70	0,032	0,77	0,017
Тирозин	0,98	0,040	0,87	0,010	1,00	0,046
Лізін	2,12	0,074	3,11	0,005	3,05	0,052
Ізолейцин	2,94	0,003	3,07	0,024	3,92	0,032
Метіонін	1,93	0,090	2,76	0,019	3,45	0,018
Валін	2,94	0,066	5,26	0,037	5,18	0,044
Цистин	0,017	0,002	0,36	0,042	0,68	0,046
Аланін	3,58	0,016	4,62	0,041	4,84	0,023
Аспарагінова кислота	1,05	0,024	1,10	0,005	1,10	0,017

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Пролін	11,84	0,017	13,84	0,032	13,94	0,010
Глютамінова кислота	8,17	0,025	7,35	0,011	8,20	0,022
Сірін	1,16	0,051	1,28	0,024	1,06	0,050
Треонін	1,08	0,026	1,94	0,074	2,15	0,005
Гліцин	1,94	0,045	4,76	0,017	5,00	0,037
Аргінін	7,40	0,120	7,24	0,720	7,46	0,420
Триптофан	1,63	0,005	1,78	0,009	2,15	0,057
Гістидин	3,07	0,013	3,25	0,026	3,41	0,032
Всього	53,387		63,63		68,74	

**Таблиця 2. Масова частка амінокислот ягід смородини, % від загального білка, в солерозчинній фракції**

Амінокислоти	Умови експерименту					
	контроль	$\sigma_{\pm}$	після заморожування	$\sigma_{\pm}$	через 30 днів зберігання	$\sigma_{\pm}$
Лейцин	0,70	0,026	0,87	0,049	0,95	0,066
Фенілаланін	0,81	0,021	0,92	0,027	1,072	0,040
Тирозин	1,86	0,042	1,74	0,074	1,90	0,021
Лізін	2,08	0,018	2,94	0,044	3,17	0,015
Ізолейцин	2,30	0,051	3,62	0,018	3,90	0,032
Метіонін	0,08	0,026	0,17	0,063	0,24	0,041
Валін	1,38	0,070	1,85	0,075	2,14	0,025
Аланін	0,74	0,099	0,76	0,015	0,64	0,031
Аспарагінова кислота	1,08	0,012	1,08	0,048	1,1	0,031
Пролін	6,07	0,040	6,25	0,044	6,34	0,009
Глютамінова кислота	1,10	0,018	1,34	0,046	1,26	0,051
Сірін	0,97	0,042	1,16	0,013	1,06	0,010
Треонін	1,19	0,012	1,28	0,042	1,48	0,049
Гліцин	1,68	0,026	2,15	0,043	2,44	0,042
Аргінін	1,88	0,013	1,70	0,052	1,92	0,040
Триптофан	—	—	0,75	0,033	0,95	0,032
Цистин	сліди	—	сліди	—	сліди	—
Всього	23,92		28,68		30,56	

**Таблиця 3. Масова частка амінокислот ягід смородини, % від загального білка, в лужнорозчинній фракції**

Амінокислоти	Умови експерименту					
	контроль	$\sigma_{\pm}$	після заморожування	$\sigma_{\pm}$	через 30 днів зберігання	$\sigma_{\pm}$
1	2	3	4	5	6	7
Лейцин	0,40	0,042	0,40	0,053	0,47	0,048
Фенілаланін	0,46	0,031	0,46	0,003	0,52	0,009
Тирозин	1,6	0,099	1,34	0,074	1,72	0,0074
Лізін	0,85	0,010	1,16	0,012	1,40	0,042
Ізолейцин	0,80	0,099	1,15	0,066	1,32	0,043
Метіонін	—	—	0,37	0,018	0,55	0,051

*Продовження табл. 3*

1	2	3	4	5	6	7
Валін	0,55	0,020	0,76	0,021	0,70	0,025
Цистин	—	—	—	—	—	—
Аланін	0,18	0,027	0,24	0,027	0,28	0,037
Аспарагінова кислота	0,7	0,014	0,84	0,032	0,84	0,019
Пролін	1,05	0,074	1,17	0,015	1,08	0,016
Глютамінова кислота	1,31	0,063	1,39	0,032	1,42	0,049
Сірін	1,34	0,012	1,28	0,048	1,45	0,008
Треонін	0,88	0,017	0,88	0,018	0,94	0,052
Гліцин	1,61	0,013	2,16	0,029	2,45	0,020
Аргінін	1,42	0,018	1,36	0,057	1,54	0,033
Триптофан	—	—	0,65	0,032	0,84	0,022
Всього	13,15		15,61		17,52	

**Таблиця 4. Масова частка амінокислот ягід смородини, % від загального білка, в спирторозчинній фракції**

Амінокислоти	Умови експерименту					
	контроль	$\sigma_{\pm}$	після за- морожу- вання	$\sigma_{\pm}$	через 30 днів зберігання	$\sigma_{\pm}$
Лейцин	—	—	—	—	—	—
Фенілаланін	0,62	0,015	0,74	0,025	0,74	0,028
Тирозин	0,70	0,020	0,77	0,042	0,86	0,049
Лейцин	0,90	0,026	1,34	0,019	1,50	0,074
Тирозин	0,44	0,042	0,69	0,009	0,86	0,018
Лізін	0,60	0,018	0,64	0,012	0,79	0,045
Ізолейцин	0,16	0,063	0,29	0,099	0,038	0,0115
Метіонін	—	—	—	—	—	—
Валін	0,56	0,020	0,64	0,032	0,60	0,018
Цистин	—	—	—	—	—	—
Аланін	0,84	0,010	0,95	0,029	0,95	0,018
Аспарагінова кислота	0,74	0,099	0,68	0,020	0,85	0,074
Пролін	0,85	0,005	0,92	0,032	0,92	0,021
Глютамінова кислота	0,66	0,048	0,84	0,014	1,16	0,052
Сірін	—	—	—	—	—	—
Треонін	0,74	0,099	0,68	0,020	0,85	0,074
Гліцин	0,85	0,005	0,92	0,032	0,92	0,021
Аргінін	0,66	0,048	0,94	0,028	1,15	0,041
Триптофан	0,87	0,035	0,94	0,028	1,15	0,041
Всього	10,19		11,98		13,38	

Порівняльний аналіз даних, наведених у табл. 1—4, дає змогу зробити ряд узагальнень. Білки свіжих ягід смородини містять 18 основних амінокислот, серед них усі незамінні — ізолейцин, лейцин, лізін, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан, валін. Це свідчить про їхню біологічну повноцінність.

У свіжих ягодах за незамінними амінокислотами переважають легкорозчинні фракції білків: на них припадає 77,3% від загального білка. Вони містять значну кількість лейцину, ізолейцину, валіну, аланіну, метіоніну тощо. На дикарбонувані амінокислоти багаті кожна з чотирьох фракцій

білків. Тіоамінокислоти представлені меншою мірою, проте вони теж роблять свій внесок у біологічну повноцінність білків.

Загалом, із чотирьох білкових фракцій ягід смородини лише одна — водорозчинна — є повноцінною, оскільки містить усі необхідні організму людини амінокислоти. Солерозчинна фракція неповноцінна за триптофаном; лужнорозчинна — за метіоніном, триптофаном, цистином; спирторозчинна — за метіоніном, цистином, сірином і лізином. За винятком проліну, який є імінокислотою (=NH замість NH<sub>2</sub>), решта належать до α-амінокислот, тобто містять аміногрупу -NH<sub>2</sub>, приєднану до α-вуглецю.

Аналіз вмісту амінокислот ягід смородини після заморожування та через 30 днів зберігання характеризує ті зміни, які відбуваються з білковими сполуками. В результаті структурних і конформаційних перебудов співвідношення між окремими амінокислотами змінилось стосовно свіжих ягід.

Значна частина цих змін має позитивний характер. Зокрема, у водо- та солерозчинних фракціях зросла кількість незамінних амінокислот — лейцину на 31,0 і 20,0%; фенілаланіну — на 18,7 і 13,2%; лізину — на 31,9 і 29,3% тощо. У всіх чотирьох фракціях білків після заморожування зростає кількість дикарбонових кислот (з 16,0 до 28,0%). Сірковмісних амінокислот після заморожування ягід смородини стало значно більше у водорозчинній фракції: метіоніну — на 30,1 %, цистину — на 53,0 %.

У водорозчинній фракції максимально зростає кількість валіну і досить значно — аланіну, тобто основними процесами у перебудові амінокислот, зменшенні концентрацій одних і збільшенні інших є реакції дезамінування і переамінування. Ще в середині минулого століття ряд авторів спостерігали накопичення валіну й аланіну в рослинах у природних умовах і пов'язували це з реакцією рослин на несприятливі чинники довкілля, в тому числі дію низьких температур (Т.Ф. Андрєєва, 1961; В.Л. Кретович, 1961; Н.Н. Савицька, 1965; І.А. Тарчевський, 1964). Наші дослідження підтвердили ці уявлення, а також думку В.Л. Кретовича про те, що глютамінова кислота може бути одним із донорів амінних груп для валіну. Так, згідно з даними табл. 1, вміст глютамінової кислоти після заморожування зменшився на 10,1%.

### Висновки

Вивчення структурно-функціональних перебудов біокомпонентів дикорослих ягід під впливом низьких температур дає можливість зрозуміти сутність цих процесів і прогнозувати якість замороженої продукції, зокрема органолептичні показники та ступінь засвоюваності білків живим організмом. Феномен холодового стресу стосовно білкових сполук при заморожуванні рослинної сировини виражається структурними та біохімічними змінами, внаслідок чого біологічна цінність білків підвищується за рахунок зростання у водорозчинній фракції вмісту амінокислот — валіну, аланіну, фенілаланіну, лізину.

Таке збільшення кількості деяких амінокислот може бути результатом термолабільності білків дикорослих ягід і їхньої здатності до структурних змін в умовах низьких температур або часткової деструкції білків при криошкодженнях рослинних клітин; імовірно також утворення зазначених аміно-

кислот за рахунок донорних аміних груп глютамінової кислоти та гідролізу інших замісних амінокислот при дії низьких температур.

### Література

1. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М.М. Масліков. — Київ : НУХТ, 2010. — 178 с.
2. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений / В.И. Формазюк. — Київ : А. С. К., 2003. — 792 с.
3. Цапалова Э.И. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений / Элеонора Цапалова. — Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. — 180 с.
4. Сімахіна Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. — Київ : Видавництво «Сталь», 2011. — 363 с.
5. Сімахіна Г.О. Біологічно активні речовини в харчових технологіях : підручник / Г.О. Сімахіна, Н.О. Стеценко, Н.В. Науменко. — Київ : НУХТ, 2016. — 455 с.
6. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов : справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. Скурихина И.М. и академика РАМН, проф. Тутельяна В.А. — Москва : ДеЛи принт, 2002. — 236 с.

## СТРУКТУРНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД

Г.А. Симахина, С.В. Халапсина

*Национальный университет пищевых технологий*

*Возрождение отечественной пищевой промышленности и доведение произведенной ею продукции до конкурентоспособного состояния возможны благодаря внедрению новых технологических процессов с использованием нового оборудования и расширения спектра сырьевых материалов. В статье обоснован и экспериментально доказан факт структурных и биохимических преобразований белковых соединений дикорастущих ягод (на примере черной смородины *Ribes nigra L.*) под воздействием низких температур. В частности, увеличивается доля легкорастворимых белковых фракций, повышается полноценность белков, упрощается их перевариваемость протеолитическими ферментами.*

**Ключевые слова:** *ягоды смородины, замораживание, холодовая адаптация, аминокислоты, биологическая ценность, фракции белков.*

## PROTEIN SUBSTANCES CHANGES IN MUSHROOMS DURING HYDROTHERMAL TREATMENT IN MUSHROOM SNACKS TECHNOLOGY

I. Zinchenko, V. Terletska

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Pleurotus ostreatus*  
*Agaricus bisporus*  
*Mushroom products*  
*Hydrothermal treatment*  
*Protein*  
*Amino acid*

---

**Article history:**

Received 10.01.2017  
Received in revised form  
03.02.2017  
Accepted 21.02.2017

---

**Corresponding author:**

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

---

**ABSTRACT**

This article is dedicated to the investigation of hydrothermal treatment and taste additives influence on the protein substances changes of *Pleurotus Ostreatus* and *Agaricus bisporus* mushrooms and ready-to-cook mushroom foods which are used in the developed technologies for snacks on the basis of edible mushrooms. Such biochemical changes of the products as protein content and nitrogen form, albumin/globulin/prolamine/glutelin concentration, essential and nonessential amino acids contents have been studied and scientifically motivated. It has been discovered that with the introduction of salt and citric acid in the solution for hydrothermal treatment the amount of protein substances losses of mushrooms has decreased. The obtained scientific results can be useful and applied in technologies of food mushroom products.

## ЗМІНИ БІЛКОВИХ РЕЧОВИН ГРИБІВ У ПРОЦЕСІ ГІДРОТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ГРИБНИХ СНЕКІВ

І.М. Зінченко, В.А. Терлецька

Національний університет харчових технологій

*Стаття присвячена дослідженню впливу процесу гідротермічного оброблення і смакових добавок на зміни білкових речовин грибів глива звичайна та печериця двоспорова, а також їх грибних напівфабрикатів, які використовуються в розробленій технології снєків на основі їстівних грибів. Досліджено та науково обґрунтовано зміни масової частки білка і азотистих речовин, фракційного складу білка, кількісного і якісного амінокислотного складу. Встановлено, що в процесі гідротермічного оброблення при внесенні кухонної солі і лимонної кислоти в розчин втрати білкових речовин грибів зменшуються. Отримані наукові результати можуть бути використані при розробленні технологій грибних харчових продуктів.*

**Ключові слова:** глива звичайна, печериця двоспорова, грибні продукти, гідротермічне оброблення, білок, амінокислота.

**Постановка проблеми.** На жаль, асортимент продукції з грибів дуже обмежений, що зумовлено насамперед відсутністю належних технологій переробки [1]. Одночасний збір великої кількості їстівних грибів і обмежений термін зберігання обумовлюють розроблення нових і вдосконалення існуючих технологій переробки грибів, що дозволить розробити нові харчові продукти підвищеної харчової і біологічної цінності. У зв'язку з цим розроблення технології снєків на основі їстівних грибів є актуальним.

На основі аналізу хімічного складу їстівних грибів, з урахуванням можливості їх вирощування в Україні, об'єктом дослідження було обрано штучно культивовані гриби — глива звичайна та печериця двоспорова. У літературі існує достатньо відомостей про хімічний склад грибів глива та печериця, але недостатньо вивчені зміни грибів у процесі їх технологічної переробки.

Грибні продукти є одним із джерел покриття дефіциту білка в харчовому раціоні людини. В останні десятиріччя переконливо доведена висока харчова та біологічна цінність грибів як харчового продукту, що містить унікальний комплекс поживних речовин. Гриби містять до 35% протеїну, всі незамінні для харчування людини амінокислоти, ненасичені жирні кислоти, вітаміни, найважливіші макро- та мікроелементи. Особлива цінність грибних білків полягає у повному наборі амінокислот, у тому числі незамінних, без яких неможлива нормальна життєдіяльність організму [2; 3].

Одним із основних технологічних процесів розробленої нами технології грибних снєків є гідротермічне оброблення. Відомо, що в процесі вказаного виду оброблення під дією температури та вологи відбуваються біохімічні зміни в їстівних грибах, в т.ч. білкових речовин. Під дією температури та вологи відбувається їх денатурація. Характерною особливістю даного процесу є зміна природної конформації білкової молекули, в результаті чого вона втрачає певні фізико-хімічні та хімічні властивості. Денатурація змінює первинні властивості білкових речовин: збільшується реактивність деяких хімічних груп, які входять у склад молекули, з'являються вільні групи (-SH та ін.); змінюється розчинність, гідрофільність, збільшується здатність до протеолізу тощо [4].

Гідротермічне оброблення також впливає на смак, запах, консистенцію, харчову цінність грибів, знижує кількість мікроорганізмів, призводить до інактивації ферментів, тобто має суттєвий вплив на якість готового продукту.

Враховуючи вищенаведене, визначення змін білкових речовин у процесі гідротермічного оброблення має важливе значення для подальшої характеристики харчової та біологічної цінності розроблених грибних продуктів.

**Мета дослідження:** вивчення змін білкових речовин грибів у процесі гідротермічного оброблення в технології грибних снєків.

**Викладення основних результатів дослідження.** Для проведення досліджень використовували гриби культивовані виду глива звичайна (*Pleurotus ostreatus*) одного штаму, вирощені в однакових умовах, а також гриби виду печериця двоспорова (*Agaricus bisporus*) одного штаму, вирощені в однакових умовах.

Дослідження змін білкових речовин грибних напівфабрикатів і продуктів проводили за загальноприйнятими та регламентованими стандартами мето-

диками. Вміст загального азоту визначали методом К'ельдаля, білкового азоту — методом Бернштейна-Штуцера, амінного азоту — методом формольного титрування. Амінокислотний склад білків визначали методом іонообмінної рідинно-колонної хроматографії на амінокислотному аналізаторі Т-339. При вивченні компонентного складу білків використовували різну здатність їх до розчинення у воді, напівнасичених сольових, спиртових і слабо лужних розчинах. Кількісний вміст білка в одержаних розчинах визначали методом Лоурі.

Експериментальна частина виконувалась у лабораторних умовах кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій.

Враховуючи вищенаведене, для дослідження змін білкових речовин грибів у процесі подальшої технологічної переробки необхідно визначити їх початковий вміст. Встановлено, що в гливі та печериці масова частка білка становить, відповідно, 24,4% СР та 22,6% СР, вміст загального азоту — 3,90% СР та 3,62% СР, білкового азоту — 2,69% СР та 2,64 % СР, амінного азоту — 660 мг% СР та 610 мг% СР. Масова частка вологи гливи становить 92,0%, печериці — 88,0%.

У результаті попередньо проведеного комплексу наукових досліджень нами встановлена оптимальна температура гідротермічного оброблення грибів глива та печериця —  $(95 \pm 5)$  °С.

При гідротермічному обробленні для покращення смакових властивостей грибних напівфабрикатів і запобігання зниженню якості напівфабрикатів у процесі подальшої переробки нами запропоновано додавання таких добавок, як кухонна сіль і лимонна кислота. Крім того, додавання кухонної солі до розчину, в який занурюють гриби, значно зменшує кількість речовин, що надають гіркоту грибам.

Виходячи з вищенаведеного, для встановлення оптимальної тривалості та умов гідротермічного оброблення гливи та печериці при виробництві грибних снєків вивчали вплив тривалості процесу і використання смакових добавок на зміни білкових речовин сировини.

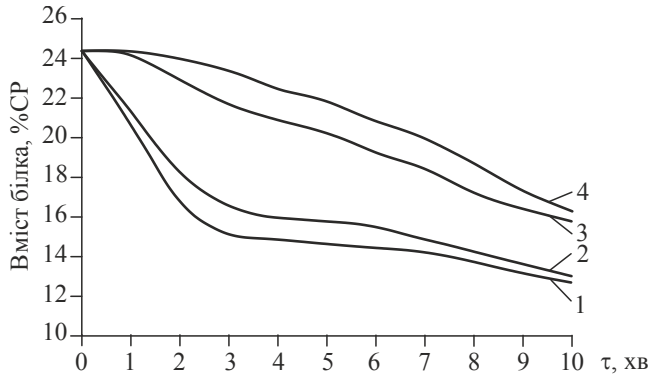
Для визначення впливу смакових добавок на біохімічні зміни грибних напівфабрикатів для оброблення використовували такі розчини: розчин з масовою часткою кухонної солі 1,00% ( $pH = 5,5$ ), розчин з масовою часткою лимонної кислоти 0,02% ( $pH = 1,6$ ), розчин з масовою часткою кухонної солі 1,00% та лимонної кислоти 0,02% ( $pH = 3,5$ ). За контроль приймали гриби, оброблені у водному розчині. Тривалість гідротермічного оброблення змінювали в інтервалі 1—10 хв.

У процесі гідротермічного оброблення в грибних напівфабрикатах відбуваються кількісні зміни білка та його фракційного складу. На рис. 1 та 2 подані залежності вмісту білка зразків від тривалості оброблення.

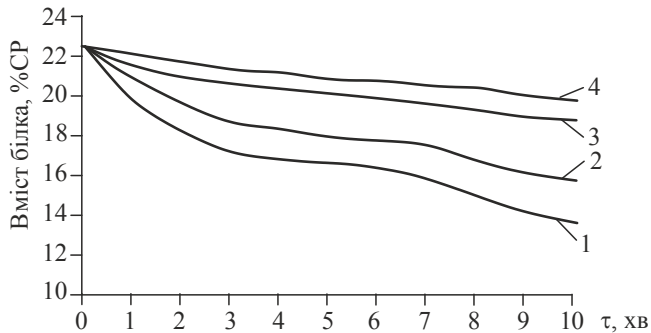
Аналіз даних показав, що в міру збільшення тривалості оброблення, вміст білка в оброблених напівфабрикатах зменшується порівняно з вихідною сировиною. В результаті денатурації, викликаній нагріванням, відбувається тепловий рух пептидних ланцюгів, який призводить до розриву водневих і гідрофобних зв'язків між ланцюгами. Внаслідок цього утворюються нові



міжмолекулярні S-S — зв'язки. Вода, потрапляючи в простір між ланцюгами, призводить до утворення водневих зв'язків з карбоксильними, амініними та іншими полярними групами [4; 5]. При нагріванні зразків протеолітичні ферменти атакують білки, що також призводить до їх розкладу.



**Рис. 1. Вплив смакових добавок на вміст білка в процесі оброблення гливи:**  
 1 — контроль (без добавок); 2 — розчин лимонної кислоти; 3 — розчин кухонної солі та лимонної кислоти; 4 — розчин кухонної солі



**Рис. 2. Вплив смакових добавок на вміст білка в процесі оброблення печериці:**  
 1 — контроль (без добавок); 2 — розчин лимонної кислоти; 3 — розчин кухонної солі та лимонної кислоти; 4 — розчин кухонної солі

Найбільші втрати білка спостерігаються в зразках, оброблених у водному розчині. Це пояснюється тим, що в грибах основна частина білка представлена розчинними фракціями альбумінів і глобулінів. На денатураційні зміни білка значною мірою впливає ступінь гідратації. Вода до певної міри підвищує рухомість білкових ланцюгів і реакційну здатність гідрофільних і гідрофобних груп, тому більше гідратовані білки денатурують швидше.

Використання смакових добавок позитивно впливає на збереженість білка в процесі оброблення. Під час оброблення зразків у розчині кухонної солі спостерігаються найменші втрати загального білка. Під час денатурації можливе утворення комплексів білків з іншими небілковими речовинами, в результаті дії міжмолекулярних сил між парами іонних груп. Як відомо, іони  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^-$  або знаходяться у вільному стані, або слабо зв'язані з білками [5].

Це призводить до утворення більшої кількості білкових комплексів у зразках, оброблених розчином кухонної солі порівняно з іншими розчинами.

Необхідно відмітити, що процес розкладу білка в зразках гливи проходить більш інтенсивно порівняно із зразками печериці. На характер цих змін впливає нативна структура білка, що, можливо, зумовлено видовими особливостями грибів. Попередній огляд літературних джерел показав відсутність таких досліджень. При 5 хв гідротермічного оброблення вміст білка в гливі та печериці, оброблених у водному розчині, зменшився, відповідно, на 40,2% та 26,1%, розчині кухонної солі — на 10,7% та 7,1%, розчині лимонної кислоти — на 35,2% та 20,4%, розчині кухонної солі та лимонної кислоти — на 16,8% та 10,6%. Таким чином, використання смакових добавок зменшує втрати білка в напівфабрикатах з гливи на 5,0—29,5%, в напівфабрикатах з печериці — на 5,7—19,0%.

Отже, аналіз отриманих даних підтверджує, що збільшення тривалості оброблення понад 5 хв є недоцільним, тому що значно зменшується вміст масової частки білка в грибних напівфабрикатах, що призводить до зниження їх харчової цінності. Для подальших досліджень гідротермічне оброблення грибів проводили протягом 5 хв.

Результати дослідження впливу тривалості гідротермічного оброблення на розчинність білка зразків, оброблених у водному розчині, представлені в табл. 1. Аналіз даних показує, що при збільшенні тривалості оброблення відбувається накопичення проламінової та глютелінової фракцій. Поряд з цим спостерігається збільшення нерозчинного осаду, що пояснюється пептизацією білка й утворенням нерозчинних компонентів.

*Таблиця 1. Зміни фракційного складу білка залежно від тривалості оброблення*

Тривалість оброблення, хв		Вміст, % від загального білка				
		альбуміни	глобуліни	проламіни	глютеліни	нерозчинний залишок
Глива	0	15,39	19,61	13,28	14,62	37,10
	1	14,60	18,10	13,80	15,50	38,00
	2	13,10	16,80	14,90	16,40	38,80
	3	12,40	15,40	15,60	17,10	39,50
	4	11,30	13,90	16,40	18,30	40,10
	5	10,10	12,00	17,70	19,50	40,70
Печериця	0	13,98	20,86	11,59	12,97	40,60
	1	13,60	20,32	11,87	13,11	41,10
	2	13,14	20,00	12,20	13,23	41,43
	3	12,83	19,80	12,39	13,34	41,64
	4	12,45	19,49	12,62	13,56	41,88
	5	12,12	19,05	12,82	13,78	42,23

Також зменшується кількість фракцій альбумінів і глобулінів, які можуть переходити в розчин, що підтверджується збільшенням амінного азоту в розчинах (табл. 2). Тобто відбувається втрата сухих речовин і накопичення нерозчинних білків, що викликано високим ступенем денатурації білка та взаємодією продуктів розкладу з вуглеводними компонентами.

*Таблиця 2. Вміст амінного азоту в розчинах після оброблення*

Вид гриба	Вміст амінного азоту, %			
	розчин водний	розчин кухонної солі	розчин лимонної кислоти	розчин кухонної солі та лимонної кислоти
Глива	0,019	0,021	0,021	0,024
Печериця	0,017	0,018	0,019	0,018

Можна припустити, що разом із перерозподілом білкових речовин за фракціями відбуваються зміни і в амінокислотному складі зразків. З метою перевірки цього положення досліджено зміни вмісту амінокислот у напівфабрикатах за допомогою порівняльного аналізу амінокислотного складу зразків до та після оброблення. За об'єкт дослідження приймали напівфабрикати з гливи та печериці, які оброблені в розчині кухонної солі та лимонної кислоти протягом 5 хв у зв'язку з їх подальшим використанням при виробництві грибних харчоконцентратів. Результати дослідження впливу гідротермічного оброблення на зміни амінокислот грибів представлені в табл. 3.

*Таблиця 3. Вплив процесу гідротермічного оброблення на зміни амінокислот грибів*

Найменування амінокислот	Глива			Печериця		
	вміст амінокислот, % СР		втрати, %	вміст амінокислот, % СР		втрати, %
	до оброблення	після оброблення		до оброблення	після оброблення	
Лізин	1,17	0,96	17,9	1,51	1,25	17,2
Гістидин	1,03	0,83	19,4	1,16	0,94	19,0
Аргінін	1,20	1,02	15,0	0,98	0,81	17,3
ГАМК	1,26	1,09	13,7	0,96	0,82	14,6
Аспарагінова кислота	2,68	1,98	26,1	2,64	1,94	26,5
Треонін	1,21	0,94	22,3	1,53	1,21	20,9
Серин	1,38	1,24	10,1	1,56	1,43	8,3
Глутамінова кислота	6,01	5,40	10,1	2,8	2,55	8,9
Пролін	1,12	1,05	6,3	1,06	0,96	9,4
Гліцин	1,10	0,91	17,3	1,14	0,95	16,7
Аланін	1,86	1,60	14,0	2,74	2,34	14,6
Цистин	0,20	0,17	15,0	0,2	0,18	10,0
Валін	0,94	0,80	14,9	1,11	0,94	15,3
Метіонін	0,36	0,32	11,1	0,43	0,39	9,3
Ізолейцин	0,82	0,74	9,8	0,96	0,85	11,5
Лейцин	1,53	1,22	20,3	1,89	1,54	18,5
Тирозин	0,77	0,60	22,1	0,68	0,52	23,5
Фенілаланін	0,95	0,76	20,0	1,19	0,93	21,8
Триптофан	0,26	0,22	15,4	0,25	0,22	12,0

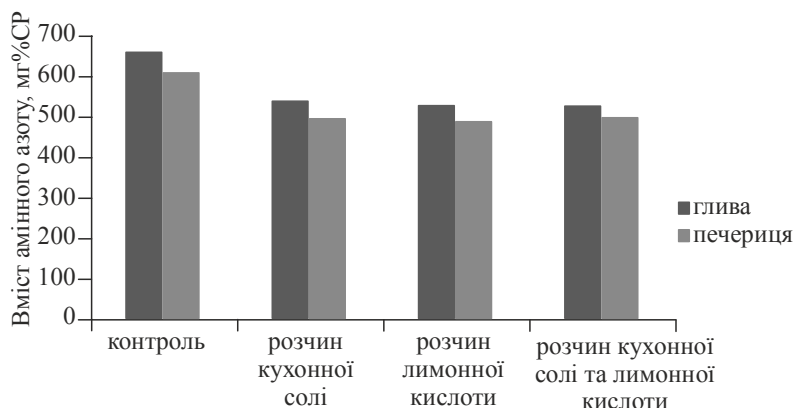
Результати досліджень показали, що в амінокислотному складі гливи та печериці переважають такі амінокислоти, як лейцин, аланін, аспарагінова та глутамінова кислоти. Незначний вміст у зразках цистину, триптофану та метіоніну. В той же час глива та печериця відрізняються досить високим вмістом лізину (1,17% СР та 1,51% СР відповідно), дефіцит якого гостро відчувається в багатьох рослинних білках.

Під час гідротермічного оброблення спостерігаються незначні втрати амінокислот у складі грибних напівфабрикатів. У зразках гливи кількість окремих амінокислот зменшується на 6,3—26,1%, в печериці — на 8,3—26,5%. Зміни в амінокислотному складі зразків у процесі гідротермічного оброблення є наслідком складних біохімічних перетворень. Під час ферментативного, теплового й кислотного гідролізу білків можливе проходження процесів синтезу та розкладу окремих амінокислот. Відносно невеликі зміни кількісного складу амінокислот пояснюються тим, що під час гідротермічного оброблення знищується переважна кількість сторонньої мікрофлори, яка має активний протеолітичний комплекс, а також частково інактивуються протеолітичні ферменти самих грибів. Відомо, що зменшення кількості амінокислот відбувається внаслідок реакції дезамінування, яка призводить до розкладання амінокислот з утворенням аміаку. Водночас можливе проходження реакції декарбоксілювання, в результаті якої амінокислоти відщеплюють карбоксильну групу та утворюють аміни. Також втрати амінокислот зумовлені їх частковою дифузсією в розчин [4].

Найбільшим змінам піддаються такі амінокислоти: треонін, фенілаланін, тирозин, аспарагінова кислота. Значне зменшення кількості тирозину зумовлено тим, що дана амінокислота є субстратом дії ферменту поліфенол-оксидази. Внаслідок дії даного ферменту амінокислоти перетворюються в хінони, які взаємодіють між собою, або з білками та іншими амінокислотами. Поліфенолоксидаза також бере активну участь в дезамінуванні амінокислот.

Найкраще зберігаються в зразках амінокислоти пролін, серин та ізолейцин. Це спричинено тим, що вони досить стійкі до кислотного гідролізу порівняно з іншими амінокислотами. Різні кількісні зміни в амінокислотному складі грибних напівфабрикатах пов'язані з неоднаковою реакційною здатністю амінокислот.

Також нами досліджувався вплив смакових добавок на зміну амінного азоту грибів у процесі гідротермічного оброблення (рис. 3). За контроль приймали свіжі гриби.



**Рис. 3. Вміст амінного азоту в грибах до та після оброблення**

Кількість амінного азоту у зразках гливи зменшується на 18,2—19,7%, в зразках печериці — на 18,0—19,7%. Зменшення кількості амінного азоту пов'я-

зане з гідролітичним розкладом білкових речовин і дифузією вільних амінокислот у розчин під дією температури, вологи, а також кухонної солі і лимонної кислоти.

### Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Встановлено оптимальний режим гідротермічного оброблення грибів глива та печериця при виробництві грибних снєків: температура —  $(95 \pm 5)$  °С, тривалість — 5 хв. Для запобігання зниженню якості напівфабрикатів у процесі подальшої переробки та для забезпечення необхідних органолептичних показників доцільно при обробленні використовувати розчин з масовою часткою кухонної солі 1,00% та лимонної кислоти 0,02%.

2. При дослідженні впливу смакових добавок на зміни азотистих речовин у процесі оброблення встановлено, що використання кухонної солі та лимонної кислоти позитивно впливає на збереженість білка. Використання смакових добавок зменшує втрати білка в напівфабрикатах з гливи на 5,0 — 29,5%, напівфабрикатах з печериці — на 5,7—19,0%. Відбувається перерозподіл білкових фракцій унаслідок зменшення кількості альбумінів і глобулінів. Під час гідротермічного оброблення виявлено незначне зменшення кількості амінного азоту (18,0—19,7%) та амінокислот, зумовлене їх гідролітичним розкладом і частковою дифузією в розчин. У зразках гливи втрати окремих амінокислот складають 6,3—26,1 %, а в печериці — 8,3—26,5%.

Запропоновані технологічні режими та умови проведення гідротермічного оброблення сировини дають змогу покращити харчову та біологічну цінність грибних продуктів.

### Література

1. Дубініна А. Розвиток грибовництва в Україні дасть змогу сформувати потужну галузь з виробництва широкого асортименту харчових продуктів [Текст] / А. Дубініна, О. Тимофєєва // Харчова і переробна промисловість. — 2009. — № 7—8(359—360). — С. 8—9.

2. Морозов А.И. Вешенка. Шампиньон. Сиитаке: выращивание, переработка, применение / А.И. Морозов. — Донецк: Мультипресс, 2009. — 288 с.

3. Орлова Н.Я. Продовольчі товари. Фрукти, ягоди, овочі, гриби та продукти їхньої переробки : [підруч.] ; 2-ге вид., перероб. і доп. / Н.Я. Орлова, П.Х. Пономарьов. — Київ : Київськ. нац. торг.-екон. ун-т., 2008. — С. 415.

4. Пищевая химия [Текст] : учебник / А.П. Нечаева, С.Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др. ; под ред. А.П. Нечаева. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Гиорд, 2012. — 672 с.

5. Пивоваров П.П. Теоретична технологія продукції громадського харчування: Навч. посібник. Частина I. Білки в технології продукції громадського харчування / П.П. Пивоваров. Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування. — Харків, 2000. — 116 с.

## ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ ГРИБОВ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ГРИБНЫХ СНЕКОВ

И.Н. Зинченко, В.А. Терлецкая

Национальный университет пищевых технологий

Статья посвящена исследованию влияния процесса гидротермической обработки и вкусовых добавок на изменения белковых веществ грибов вешенка

обыкновенная и шампиньон двуспоровый, а также их грибных полуфабрикатов, которые используются в разработанной технологии снеков на основе съедобных грибов. Исследованы и научно обоснованы изменения массовой части белка и азотистых веществ, фракционного состава белка, количественного и качественного аминокислотного состава. Установлено, что в процессе гидротермической обработки при внесении поваренной соли и лимонной кислоты в раствор потери белковых веществ грибов уменьшаются. Полученные научные результаты могут быть использованы при разработке технологий грибных пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** вешенка обыкновенная, шампиньон двуспоровый, грибные продукты, гидротермическая обработка, белок, аминокислота.

## THE TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS USING NEW PRESCRIPTION COMPONENTS

A. Karpova, K. Kunitsa, E. Biletskiy

*Kharkiv Institute of Trade and Economics of Kiev National University of Trade and Economics*

---

**Key words:**

*Pastry  
Prescription components  
Cooking technique  
Cornmeal  
Bilberry  
Honey  
Lemon peel  
Organoleptic indicators  
Chemical composition  
Energy value*

---

**ABSTRACT**

The article presents the results of studies on the use of new prescription components in the flour confectionery technology. Based on these results, the usefulness of the selected recipe ingredients (cornmeal, bilberry, honey, lemon peel) for the production of baked confectionery muffins is established. The organoleptic, structural and mechanical properties of the obtained samples of confectionery products were studied. The calculation method was used to set their food and energy value as well as the content of vitamins and minerals. It has been determined that the use of the suggested ingredients is promising for the creation of products of high nutritional value while reducing the energy and expanding the range of flour confectionery products.

---

**Article history:**

Received 15.01.2017  
Received in revised form  
25.01.2017  
Accepted 23.02.2017

---

**Corresponding author:**

A. Karpova

**E-mail:**

karpova.ganna@gmail.com

---

## ТЕХНОЛОГІЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ

А.О. Карпова, К.В. Куниця, Е.В. Білецький

*Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету*

*У статті представлено результати досліджень щодо використання нових рецептурних компонентів у технології борошняних кондитерських виробів. На підставі одержаних результатів встановлено доцільність використання обраних рецептурних компонентів (вівсяне борошно, лохина, мед, цедра лимона) при виробництві випечених кондитерських виробів мафінів. Для одержаних зразків кондитерських виробів досліджено органолептичні, структурно-механічні показники, розрахунковим методом встановлено харчову й енергетичну цінність, вміст вітамінів і мінералів. Визначено, що*

*використання запропонованих інгредієнтів дає змогу створити продукт підвищеної харчової цінності з одночасним зниженням енергетичної та розширити асортимент борошняних кондитерських виробів.*

**Ключові слова:** *борошняні кондитерські вироби, рецептурні компоненти, технологія приготування, вівсяне борошно, лохина, мед, цедра лимона, органолептичні показники, хімічний склад, енергетична цінність.*

**Постановка проблеми.** Харчування людини є одним із найважливіших чинників, які впливають на її здоров'я, а питання здорового харчування — одним із пріоритетних у реалізації соціальної політики держави. Тенденція останнього часу — стійке порушення в структурі харчування населення України — споживання продуктів з низькою біологічною цінністю, але великою енергомісткістю, що і забезпечує енергоцінність раціону. Основним постачальником енергії є вуглеводний компонент, при цьому більша частина вуглеводів надходить із хлібобулочними і борошніними виробами.

Невід'ємною частиною української кухні є борошняні кондитерські вироби, які займають значне місце у структурі харчуванні населення, але в той же час вироби з тіста висококалорійні завдяки вмісту великої кількості вуглеводів і жирів. У теперішній час поряд із забезпеченням високої якості кондитерських виробів необхідно поновлювати їх асортимент. Це завдання можна вирішити, удосконалюючи існуючі і створюючи нові технології приготування продуктів. Одним із таких напрямів є використання наповнювачів з рослинної сировини, що характеризується лікувальними й антиоксидантними властивостями, і є джерелом вітамінів, органічних кислот, пектинових речовин, вуглеводів.

Таким чином, актуальним є удосконалення існуючих і створення технологій інноваційних борошняних продуктів з використанням нових видів сировини оздоровчого призначення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для поліпшення харчової цінності продуктів харчування необхідним є підвищення вмісту в них білків, вітамінів, мінеральних сполук. Ця проблема вирішується в багатьох країнах за трьома основними напрямками: використання спеціальних вітамінно-мінеральних преміксів для кондитерських виробів; раціональне використання всіх поживних речовин сировини, закладених в ньому природою; застосування нових джерел білкових речовин, вітамінів, мікро- і макроелементів, отриманих шляхом мікробіологічного й хімічного синтезу. Питання поліпшення якості та харчової цінності борошняних виробів вирішуються одночасно з проблемою продовження термінів збереження їх у свіжому вигляді.

Серед цілого ряду напрямків, що розроблюються для підвищення харчової цінності борошняних виробів, таких як більш раціональне використання всіх морфологічних частин зерна пшениці, збагачення виробів окремими речовинами (амінокислотами, вітамінами тощо), найбільш перспективним напрямком є розробка нових рецептур [1]. Перспективним джерелом харчового білка можуть стати водорості, гриби, дріжджі та інші нижчі організми, що швидко



розмножуються [2]. Багато уваги в наш час приділяється сої, оскільки використання соєвих продуктів при приготуванні борошняних кондитерських виробів дає змогу скоротити споживання насичених жирів і холестерину при рівноцінному забезпеченні організму людини рослинним білком [3]. У борошняні кондитерські вироби вносять різноманітні біодобавки з рослинної сировини, у таких виробів спостерігається виражений лікувально-захисний ефект [4].

Зважаючи на вищевикладене, потребує вирішення завдання, пов'язане з пошуками найбільш ефективних та економічно виправданих технологій виробництва борошняних кондитерських виробів з використанням нових джерел оздоровчих речовин, розробкою раціональних методів їх виробництва та зберігання.

**Метою дослідження** є розроблення технології борошняної кондитерської продукції з використанням нових рецептурних компонентів оздоровчого призначення та визначення її показників якості.

**Матеріали і методи.** Відбір сировини й оцінку показників якості готової продукції здійснювали відповідно до державних стандартів. Технологічний процес виробництва напівфабрикатів здійснювали шляхом механічної кулінарної обробки, теплової обробку проводили, використовуючи теплове обладнання при встановлених режимах і параметрах. Визначення харчової цінності проводили розрахунковим методом.

**Виклад основних результатів дослідження.** Основним чинником, що визначає стан здоров'я населення, є спосіб життя, в якому структура і режим харчування — головні складові. Згідно з рекомендаціями ВООЗ, більше половини добової калорійності раціонів повинні складати хліб, зернові, макаронні вироби, рис і картопля, адже ці продукти містять невелику кількість жирів, багаті на білки, харчові волокна, макроелементи калію, кальцію, магнію та вітаміни групи В [5]. Асортимент борошняних хлібобулочних і кондитерських виробів постійно розширюється, попит на них зростає, тому актуальним є використання нових рецептурних компонентів для створення продуктів оздоровчого призначення на їх основі.

На сьогодні існує необхідність у збільшенні обсягів виробництва вітчизняних продуктів харчування масового споживання з високою харчовою і біологічною цінністю. Пріоритетним напрямом діяльності харчової промисловості повинна стати розробка нових технологій і виробництво продуктів харчування з використанням вітчизняної природної сировини.

Як об'єкт дослідження обрано різновид борошняного кондитерського виробу — мафін. Контрольним зразком, з яким проводили порівняння, було обрано сметаний мафін, виготовлений відповідно до традиційної рецептури. З метою зміни харчової цінності борошняних кондитерських виробів шляхом використання нових рецептурних компонентів було змінено рецептуру та внесено нові інгредієнти: вівсяне борошно, лошину, мед і цедру лимона як джерело вітамінів, мінералів, клітковини, білкових речовин, повільно засвоюваних вуглеводів. Рецептурний склад борошняних кондитерських виробів (контрольного та дослідного зразків) наведено в табл. 1.

*Таблиця 1. Рецептурний склад борошняних кондитерських виробів*

Сировина	Масова частка компонента в рецептурі, %	
	Контрольний зразок (сметанний мафін)	Дослідний зразок (вівсяний мафін з лохиною)
Борошно пшеничне цільнозернове	24,30	11,00
Борошно вівсяне	—	20,42
Цукор	26,00	5,83
Мед	—	5,00
Соняшникова олія	5,90	12,46
Яйця	7,80	9,75
Сметана	34,70	13,57
Лохина	—	19,50
Цедра лимона	—	0,54
Розпушувач	1,30	0,87
Ванільний цукор	—	0,54
Сіль	—	0,54
Разом	100	100

Відомо, що борошно найбільш суттєво впливає на властивість тіста і якість виробів. Для виробництва нового борошняного кондитерського виробу використано вівсяне борошно. Вівсяне борошно має високу харчову цінність. Воно містить 10...19% білка, клітковину, жири і вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини. Також харчова цінність вівсяного борошна висока завдяки тому, що до його складу входять органічні кислоти. Загальна кількість золи в ньому 1,8% [6]. У ягодах лохини міститься повний комплекс корисних речовин: незамінні кислоти, мікро- і макроелементи, вітаміни, ефірні олії, флавоноїди, спирти і дубильні речовини, антиоксиданти. Цедра лимона є джерелом кальцію, калію, поліфенолів, біофлавоноїдів (вітамін Р), вітаміну С, пектину, антиоксидантів, сальвестролу, лимонелу. Мед є натуральним підсолоджувачем, це здоровий замітник цукру. Мед у своєму складі містить фруктозу і глюкозу, а також цілий ряд корисних мінералів: магній, залізо, калій, кальцій, натрій, хлор та сірку. Поряд з цим, мед ще багатий і вітамінами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> і С [1]. Наявність нових компонентів у готовому виробі не тільки покращує харчову цінність, а й забезпечує лікувально-оздоровчі властивості.

Органолептичний аналіз продукції проводився профільним методом з використанням п'ятибальної шкали. В ході дослідження органолептичних показників готових виробів на прикладі стандартного зразка та нового продукту порівнювались такі показники, як форма, поверхня, колір, вид у розломі, смак і запах. Органолептичний профіль контрольного та дослідного зразків представлений на рис. 1.

За органолептичними показниками дослідний зразок (вівсяний мафін з лохиною) має більш високі оцінки. Отже, вдосконалення рецептури мафінів сприяє кращій органолептичній оцінці готових виробів.

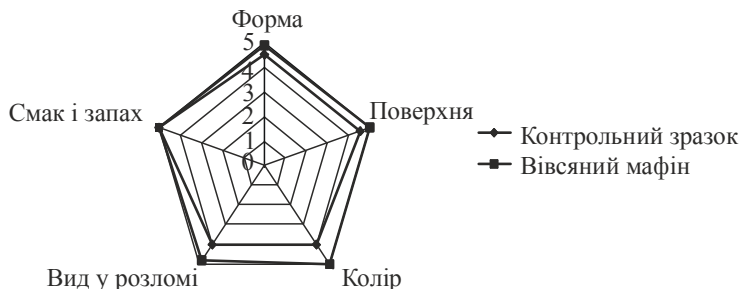


Рис. 1. Органолептичний профіль готової продукції

Крім органолептичної оцінки, іншим важливим показником борошняних кондитерських виробів є структурно-механічні властивості. З метою оцінки цих показників було досліджено пористість, упік, припік і пенетрацію зразків. Результати дослідження наведено на рис. 2.

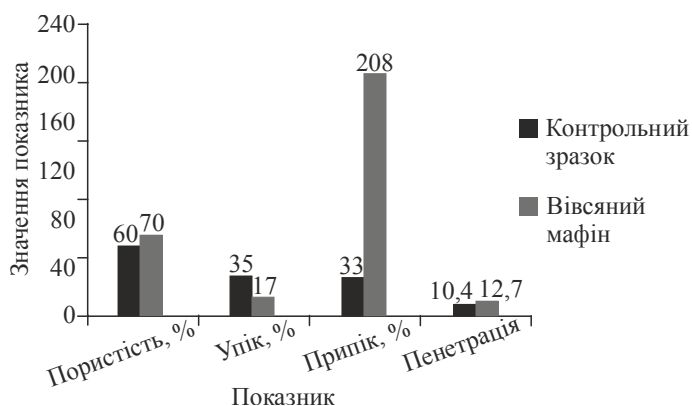


Рис. 2. Структурно-механічні властивості борошняних кондитерських виробів

Аналізуючи одержані результати, можна зробити такі узагальнення:

- вівсяний мафін має показник пористості на 10 % більший за стандарт і більший показник припіку; у вівсяному мафіні спостерігається найніжніша структура.

- показник упіку в стандартному зразку більший.

Лохина містить значну кількість пектинових речовин з високою желуючою здатністю, які, взаємодіючи з різними функціональними групами білків і крохмалю борошна, утворюють термостійкі білково-полісахаридні комплекси, що володіють підвищеною гідрофільною здатністю. Це призводить до підвищення частки міцно зв'язаної вологи в кондитерських виробках. У результаті волога меншою мірою втрачається в процесі випічки і зберігання, що сприяє підвищенню виходу виробу, зменшення усушки, уповільнення черствіння.

Розрахунок харчової цінності та мінерального складу проведено шляхом розрахунку білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин компонентів, що входять до складу продукту [7]. Характеристику харчової цінності контрольного та розробленого зразків вівсяного мафіна наведено в табл. 2.

*Таблиця 2. Характеристика харчової цінності борошняних кондитерських виробів на 100 г продукту*

Назва виробу	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
Контрольний зразок	4,24	26,06	29,34	372,31
Вівсяний мафін	4,93	15,42	32,41	287,27

Аналізуючи наведені дані, можна зазначити, що калорійність вівсяного мафіна знизилась на 23% за рахунок заміни жирів тваринного походження на рослинні — соняшникову олію. Також спостерігається збільшення кількості вуглеводів на 3,07 г, причому додані в страву вуглеводи є повільно засвоюваними, містять багато пектинових речовин, клітковини, целюлози, що позитивно впливає на роботу шлунково-кишкового тракту.

З метою аналізу вітамінно-мінерального складу мафінів було проведено розрахунок цих компонентів у контрольному (сметанний мафін) та дослідному (вівсяний мафін) зразках. Результати розрахунку вмісту мінералів і вітамінів у 100 г зразків наведено в табл. 3.

*Таблиця 3. Вміст вітамінів і мінералів у зразках 100 г продукту*

Назва вітамінів і мінералів	Вміст компонента в 100 г продукту, мг	
	Сметанний мафін	Вівсяний мафін
Na	19,19	15,37
K	47,5	90,43
Ca	23,65	100,51
Mg	4,78	23,3
P	29,3	185,8
Fe	0,31	185,8
A	0,036	21,8
E	1,95	4,346
B <sub>1</sub>	0,037	0,092
B <sub>2</sub>	0,033	0,067
PP	0,679	1,772
C	0,07	2,54

Порівняння вмісту мінералів і вітамінів показало, що вміст магнію збільшився в 4,8 раза, заліза — в 4 рази, вітаміну E у вівсяному мафіні — більш ніж у два рази, кількість вітаміну B<sub>1</sub> збільшилась в 2,5 раза, більш ніж удвічі збільшився вміст вітаміну PP, вміст вітаміну C (який у традиційній рецептурі був майже відсутній) збільшився в 36 разів за рахунок введення фруктово-ягідної сировини.

### **Висновки**

Експериментальні дослідження підтверджують доцільність використання нових рецептурних компонентів (вівсяне борошно, лохина, мед, цедра лимона) при виробництві борошняних кондитерських виробів. Використання запропонованих інгредієнтів дає змогу створити продукт підвищеної харчової цінності з одночасним зниженням енергетичної цінності, а також розширити асортимент борошняних кондитерських виробів.

### Література

1. *Матвеева Т.В.* Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. — Орел : ФГОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК», 2011. — 358 с.
2. Водорості як природні концентрати функціональних інгредієнтів та їх використання для збагачення харчових продуктів масел [Електронний ресурс]. — Режим доступу : \www/ URL : [http://vuzlib.com.ua/articles/book/2062-Vodorosti\\_jak\\_prirodni\\_konc/1.html](http://vuzlib.com.ua/articles/book/2062-Vodorosti_jak_prirodni_konc/1.html) — 03.02.2017 г.
3. *Сирохман І.В.* Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. посіб. / І.В. Сирохман, В.М. Загородня. — Київ : Центр учбової літератури, 2009. — 544 с.
4. Шляхи підвищення харчової цінності [Електронний ресурс]. — Режим доступу : \www/ URL : <http://um.co.ua/7/7-3/7-30119.html> — 03.02.2017. — Загл. с екрана.
5. *Мар'їна Н.* Розроблення рецептури булочного виробу з використанням цільнозернового борошна, кураги та екстракту стевії / Н. Мар'їна, Т. Миколів // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 22—23 травня 2014 року. — Київ : НУХТ, 2014. — С. 55—57.
6. *Михонік Л.* Вплив тривалості замішування тіста з борошна із суцільнозмеленого зерна пшениці на технологічний процес та якість хліба / Л. Михонік // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2009. — № 6. — С. 7—8.
7. *Покровский А.А.* Химический состав пищевых продуктов. Справочные содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / А.А. Покровский. — Москва : Экономика, 1976. — 228 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ РЕЦЕПТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ

**А.А. Карпова, Е.В. Куница, Э.В. Белецкий**

*Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального торгово-экономического университета*

*В статье представлены результаты исследований по использованию новых рецептурных компонентов в технологии мучных кондитерских изделий. На основании полученных результатов установлена целесообразность использования выбранных рецептурных компонентов (овсяная мука, голубика, мед, цедра лимона) при производстве выпеченных кондитерских изделий маффинов. Для полученных образцов кондитерских изделий исследованы органолептические, структурно-механические показатели, расчетным методом установлена пищевая и энергетическая ценность, содержание витаминов и минералов. Определено, что использование предложенных ингредиентов позволяет создать продукт повышенной пищевой ценности с одновременным снижением энергетической и расширить ассортимент мучных кондитерских изделий.*

**Ключевые слова:** *мучные кондитерские изделия, рецептурные компоненты, технология приготовления, овсяная мука, голубика, мед, цедра лимона, органолептические показатели, химический состав, энергетическая ценность.*

УДК 637.141.8

## RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MILK-PROTEIN CONCENTRATES

V. Gnitsevych, L. Deinychenko

*Kyiv National University of Trade and Economics*

A. Goralchuk

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

---

**Key words:**

*Protein-carbohydrate  
Daily raw materials  
Buttermilk  
Cranberry  
Viburnum  
Milk-protein  
concentrates  
Rheological properties  
Degree of esterification*

---

**Article history:**

Received 11.01.2017  
Received in revised form  
03.02.2017  
Accepted 26.02.2017

---

**Corresponding author:**

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

---

**ABSTRACT**

---

The article considers the principles of structure formation of milk-protein concentrates and contains the analysis of technological factors impact on instant elasticity module, elasticity module and plastic viscosity. Graphic dependences of rheological parameters on coagulation temperature, pH and duration of buttermilk pre-pasteurization are constructed. The influence of the protopectin degree of esterification of raw berries on structural and mechanical properties of the concentrates is identified. The types of bonds formed in food systems are defined. In view of the obtained results, the conclusion on the further use of milk-protein concentrates in food technology is made.

## РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

В.А. Гніцевич, Л.Г. Дейниченко

*Київський національний торговельно-економічний університет*

А.Б. Горальчук

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті розглянуто принципи структуроутворення молочно-білкових концентратів, проаналізовано вплив технологічних факторів на модуль миттєвої пружності, модуль еластичності й пластичну в'язкість. Побудовано графічні залежності реологічних показників від температури коагуляції, рН середовища й тривалості попередньої пастеризації склотин. Визначено вплив ступеня етерифікації протопектину ягідної сировини на структурно-механічні властивості концентратів, типи зв'язків, що утворюються в*

*харчових системах. З огляду на отримані дані зроблено висновок щодо подальшого використання молочно-білкових концентратів у харчовій технології.*

**Ключові слова:** *білково-вуглеводна молочна сировина, сколотини, журавлина, калина, молочно-білкові концентрати, реологічні властивості, ступінь етерифікації.*

**Постановка проблеми.** Аналіз споживання харчових продуктів населенням України показав, що до продуктів, «дефіцитних» у раціоні українців, відносяться ягоди, м'ясопродукти, молочні та рибні продукти [1]. Така ситуація вказує на незбалансованість раціону харчування населення України, що спричиняє недостатність білків тваринного походження і харчових волокон. Саме тому сьогодні значна увага приділяється пошуку нових джерел цих харчових сполук.

Одним із перспективних джерел отримання білкових речовин є використання знежиреного молока, сколотин і молочної сироватки. Зазначена білково-вуглеводна молочна сировина (БВМС) характеризується багатим хімічним складом та економічною доступністю, що дає змогу говорити про ефективність її використання для отримання білкових речовин у вигляді молочно-білкових концентратів (МБК). Збагачення раціону харчовими волокнами можна досягти за рахунок використання нетрадиційних рослинних сировинних ресурсів, зокрема ягід калини та журавлини. До того ж, за рахунок високого вмісту органічних кислот, вони можуть бути використані як коагулянт у процесі осадження білкових речовин БВМС, а наявні в їх хімічному складі амінокислоти — як додаткові центри коагуляції.

Таким чином, використовуючи БВМС та ягоди журавлини і калини для отримання МБК, можна підвищити рівень економічної доступності білкових харчових продуктів та отримати перспективний напівфабрикат для виготовлення кулінарних страв і виробів. Проте для обґрунтування напрямків застосування, зазначених МБК у харчових технологіях, необхідним є детальне вивчення їх структуроутворювальних властивостей.

За колоїдним станом МБК відносяться до структурованих дисперсних систем, де середовищем виступають тверді частинки коагульованих молочних білків і рослинної сировини, а дисперсною фазою — вода. Структурування у таких системах відбувається за рахунок взаємодії білкових міцел з пектиновими речовинами. Отже, отримані дисперсні системи містять два полімери (білки молока та пектинові речовини) та розчинник (воду), що свідчить про можливість утворення різних типів систем залежно від заряду полімерів, а саме:

- 1) за умови нейтральності обох полімерів отримана система належатиме до сегрегативного типу (буде отримано два розчини, що не змішуються);
- 2) за наявності нейтрального та зарядженого полімерів за рахунок утворення водневих зв'язків буде отримано малостійкі асоціати, здатні розшаруватися на дві фази під час нейтралізації зарядів;
- 3) за наявності однойменно заряджених поліелектролітів через термодинамічну несумісність буде отримано сегрегативну систему;

4) за наявності протилежно заряджених поліелектролітів буде утворено стійкі системи, що базуватимуться на електростатичному притяганні протилежно заряджених груп та формуванні стабільних комплексів [2—5].

Полімери білкових речовин є біполярними сполуками, що здатні змінювати заряд залежно від середовища перебування. Так, у кислому середовищі вони здатні зв'язувати протони водню, перетворюючись на катіони, а у лужному — відщеплювати їх, змінюючи форму на аніонну [6], що свідчить про високий вплив рН на відносну «гнучкість» білкових речовин щодо комплексоутворення. Комплексоутворювальна здатність пектинових речовин визначається ступенем етерифікації та наявністю вільних карбоксильних груп, що визначають силу й спосіб зв'язку поліелектролітів. Оскільки пектинові речовини калини високоетерифіковані (ступінь етерифікації складає 93,1%) [7], а пектинові речовини журавлини — низькоетерифіковані (ступінь етерифікації складає 44,6%) [8], структуроутворення у даному випадку залежатиме від типу ягідного пюре, що вноситиметься до БВМС як коагулянт.

Крім того, вагомий вплив на структуроутворення мають технологічні фактори: час попередньої пастеризації сколотин, температура та рН коагуляції, адже саме вони визначають властивості білків, реологічні властивості отриманих систем та подальше технологічне використання МБК.

**Метою статті** є аналіз реологічних властивості МБК з БВМС залежно від впливу зазначених технологічних факторів.

**Матеріали і методи.** Матеріалами для проведення досліджень є МБК зі сколотин, отримані з використанням як коагулянтів пюре журавлини (МБКЖ) або калини (МБКК). Реологічні показники для кожного типу МБК отримано за допомогою зсувного еластопластометра Д.М. Толстого. Для обробки отриманих результатів експериментальних досліджень використано статистичні та математичні методи обробки даних.

**Виклад основних результатів дослідження.** Технологічний процес одержання МБК передбачає пастеризацію сколотин, їх з'єднання з ягідним пюре з подальшою термообробкою суміші та формування білково-вуглеводного згустка [9]. Варіабельність параметрів отримання концентратів визначила необхідність дослідження реологічних властивостей МБК залежно від тривалості попередньої пастеризації сколотин (5...15 хв), рН середовища (6,1...6,5) і температури коагуляції (55...95 °С). При цьому доцільним є вивчення впливу обраних технологічних факторів окремо для МБКЖ і МБКК. Параметрами, що досліджувалися, були пластична в'язкість, модуль миттєвої пружності та модуль еластичності.

За результатами проведених досліджень встановлено (рис. 1а), що пластична в'язкість МБКК зменшується зі збільшенням тривалості попередньої пастеризації сколотин і підвищенням температури коагуляції згустка.

Найбільше зниження пластичної в'язкості спостерігається за температури коагуляції 55...65 °С. Так само температурні показники сприяють зменшенню модуля еластичності, проте збільшення часу пастеризації сколотин сприяє його зростання (рис. 1б).



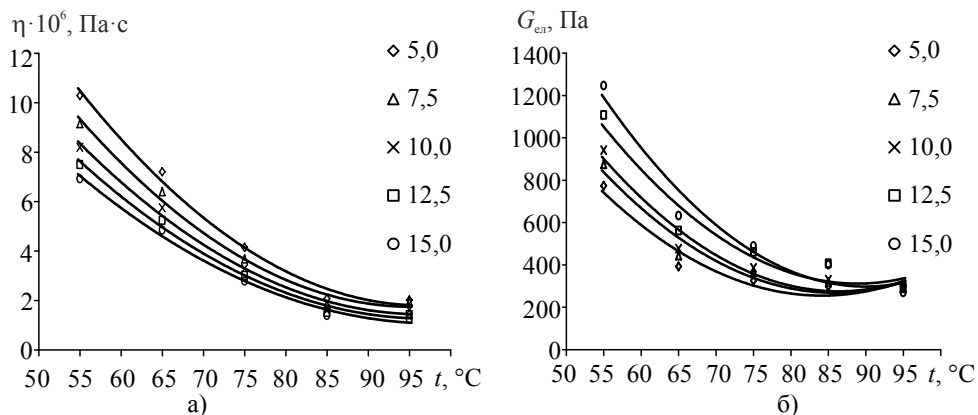


Рис. 1. Залежність від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації скотин (хв) а) пластичної в'язкості МБКК; б) модуля еластичності МБКК

З одного боку, отримані тенденції можуть бути пояснені збільшенням ступеня денатурації білкових молекул, що супроводжується частковим розгортанням пептидних ланцюгів, з іншого — наявністю у пектинових речовин порекаліни малої кількості карбоксильних груп. За останньої умови можна констатувати утворення у системі коагуляційних взаємодій і водневих зв'язків між полімерами скотин та ягідного пюре. При цьому кількість зв'язків між білковими молекулами збільшується з підвищенням температури, про що свідчить підвищення модуля миттєвої пружності (рис. 2).

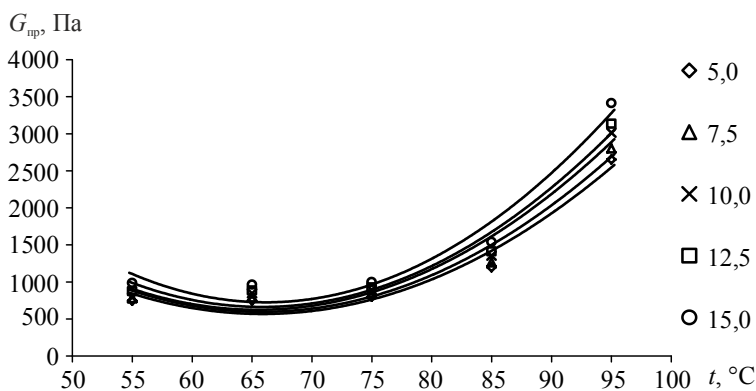


Рис. 2. Залежність модуля миттєвої пружності МБКК від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації скотин (хв)

Зниження рН середовища відбувається за рахунок збільшення вмісту в системі ягідного пюре. Із збільшенням рН у системі одночасно збільшується кількість пектинових речовин і спостерігається зниження заряду білкових міцел. Високоетерифіковані пектинові речовини з малою кількістю вільних карбоксильних груп являють собою нейтральні або слабо заряджені полісахариди, тоді як білкові міцели є позитивно зарядженими поліелектролітами.

Отже, утворена за їх взаємодії система є слабким асоціатом, а зниження рН середовища, яке провокує поступову нейтралізацію заряду білкових міцел, призводить до розшарування цієї системи. Зроблені висновки підтверджуються підвищенням пластичної в'язкості (рис. 3а) та модуля еластичності (рис. 3б) з наближенням рН середовища до ізоелектричної точки білків.

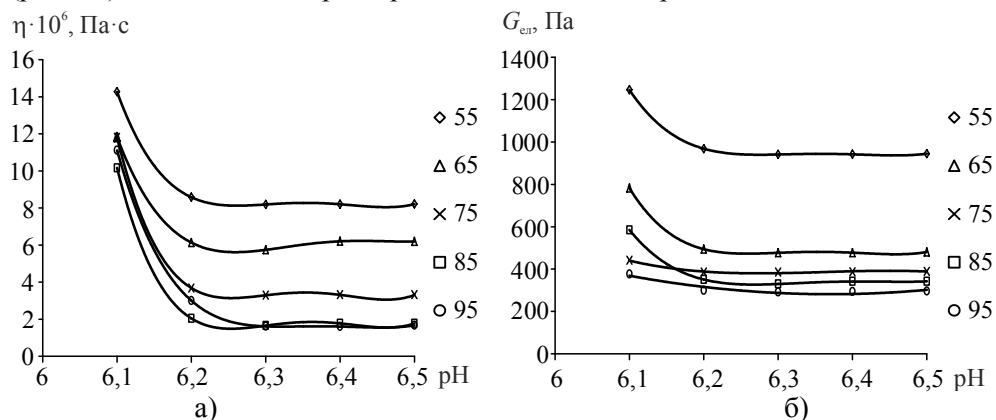


Рис. 3. Залежність а) пластичної в'язкості МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С); б) модуля еластичності МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Окремо слід відмітити, що з підвищенням температури коагуляції пластична в'язкість і модуль еластичності МБК знижуються, що може пояснюватись руйнуванням водневих зв'язків в асоціаті під дією високих температур. У той самий час підвищення температури коагуляції провокує збільшення модуля пружності МБКК (рис. 4), що може бути пов'язано зі збільшенням кількості коагуляційних зв'язків.

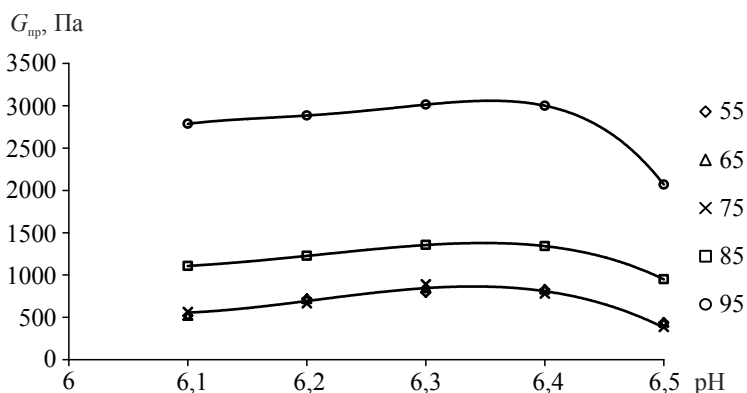


Рис. 4. Залежність модуля миттєвої пружності МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Екстремальний характер залежності модуля миттєвої пружності від рН пояснюється співвідношенням білок:пектин, за якого утворюються коагуляційні структури з максимальними показниками миттєвої пружності (за рН 6,3...6,4).

Для МБКЖ визначено інші залежності. Так, підвищення температури коагуляції в інтервалі 55...75 °С викликає збільшення пластичної в'язкості

концентрату, проте подальше збільшення температури практично не впливає на величину даного показника. Збільшення тривалості попередньої пастеризації сколотин, у свою чергу, сприяє зменшенню показника пластичної в'язкості для всього досліджуваного інтервалу температур коагуляції (рис. 5).

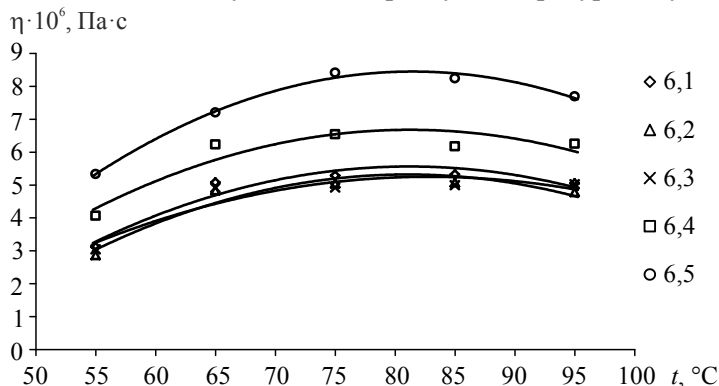


Рис. 5. Залежність модуля миттєвої пружності МБКЖ від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв)

Отримана залежність пояснюється денатурацією білкових молекул сколотин, що супроводжується їх ущільненням і випресовуванням з них вологи, а також утворенням більш щільної структури МБК. Підтвердженням цього є збільшення модуля еластичності (рис. 6а) та модуля миттєвої пружності (рис. 6б), що зростають з підвищенням температури коагуляції й тривалості попередньої пастеризації сколотин.

Зростання модулів еластичності та миттєвої пружності пов'язано з утворенням водневих і коагуляційних зв'язків, що не відновлюються після незначного напруження, а також з формуванням ковалентних та іонних зв'язків, що здатні до відновлення. Останні можуть утворюватись за рахунок наявності у пюре журавлини низькоетерифікованих пектинових речовин. Молекули пектину взаємодіють між собою та з білковими міцелами за рахунок наявності великої кількості вільних карбоксильних груп, що зв'язуються з іонами кальцію в міцний каркас, який утримує вологу.

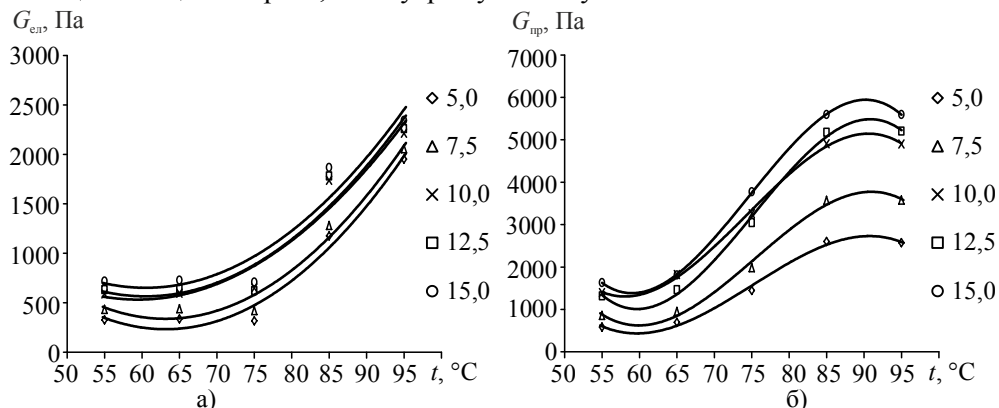


Рис. 6. Залежність від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв) а) модуля еластичності; б) модуля миттєвої пружності МБКЖ

Зі зниженням рН і збільшенням кількості пектинових речовин у системі спостерігається зменшення показника пластичної в'язкості, а підвищення температури коагуляції сприяє збільшенню цього показника (рис. 7). При цьому в інтервалі температур 65...95 °С за однакових значень рН системи характеризуються майже однаковою пластичною в'язкістю, що пояснюється збільшенням щільності систем за рахунок випресовування вологи.

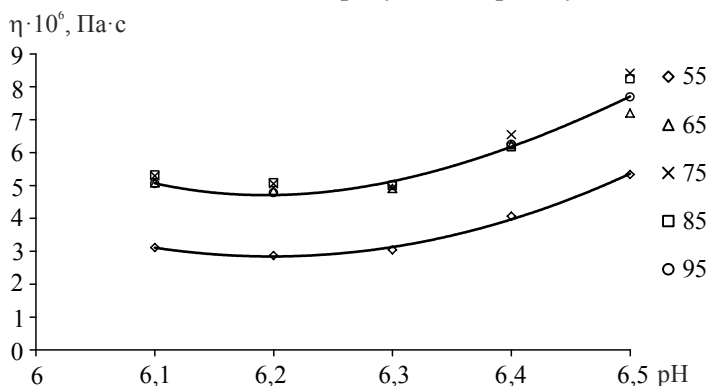


Рис. 7. Залежність пластичної в'язкості МБКЖ від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Зі зниженням заряду білкових речовин унаслідок зміщення рН у кислую сторону їх взаємодія з негативно зарядженими низькоетерифікованими пектинами поре журавлини стає слабкішою. Це призводить до часткового переходу системи від четвертого типу до третього типу. Підтвердженням цього є зменшення модуля еластичності (рис. 8а) та збільшення модуля миттєвої пружності (рис. 8б).

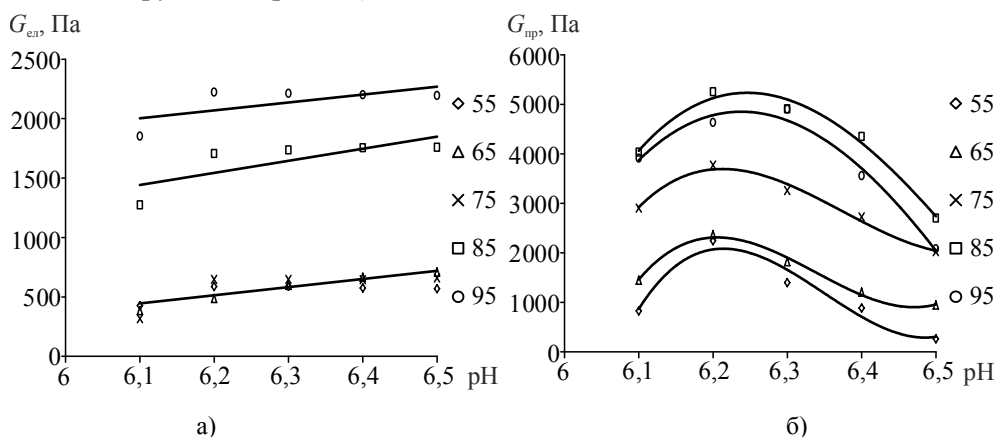


Рис. 8. Залежність від рН середовища і температури коагуляції (°С) а) модуля еластичності МБКЖ; б) модуля миттєвої пружності МБКЖ

Порівняння абсолютних даних реологічних показників МБКК і МБКЖ вказує на значне зростання значень реологічних величин у випадку з МБКЖ. Це пояснюється утворенням поліелектролітних комплексів на основі іонних

зв'язків між карбоксильними групами низькоетерифікованих пектинових речовин журавлини і кальцієм сколотин.

Отримані результати будуть використані для розробки та впровадження технологій ряду кулінарних страв і виробів на основі МБКЖ та МБКК. Так, враховуючи високу щільність структури та міцні, здатні до відновлювання зв'язки між молекулами МБКЖ, доцільним буде його використання у технологіях страв і виробів, здатних тримати форму, а саме: запіканок, сирників, пудингів, батончиків тощо. Водночас слабкі асоціативні зв'язки між молекулами МБКК, що вказують на м'яку та ніжну структуру даного концентрату, вказують на доцільність його застосування у технологіях порційних структурованих і збитих десертів (кремів, мусів, самбуків, желе тощо).

### Висновки

Отримані реологічні дані та їх подальший аналіз пояснюють принципи структуроутворення у МБК, отриманих з використанням різних типів ягідних пюре як коагулянтів. З наведених даних видно, що різні ступені етерифікації пектинових речовин ягідних пюре істотно впливають на кінцеву якість отриманих МБК. Так, МБКЖ характеризуються більш високим значенням реологічних показників порівняно з МБКК, що свідчить про щільнішу структуру та міцніші міжмолекулярні зв'язки в кінцевому продукті. З огляду на останнє, доцільним є використання МБКЖ для виготовлення кулінарних виробів, здатних зберігати форму під час приготування (сирників, запіканок тощо), а МБКК — для виготовлення страв з ніжною консистенцією, зокрема у структурованих десертах (желе, мусах, самбуках тощо).

### Література

1. *Сегеда С.А.* Оцінка споживання основних продовольчих продуктів в Україні / С.А. Сегеда // Збірник наукових праць ВНАУ.—2012.—№ 3.— С. 195—199.
2. *Николаева О.В.* Межмолекулярные взаимодействия в смесях полуразбавленных растворов полиакриловой кислоты и эфиров целлюлозы / О.В. Николаева, Т.В. Будтова // Высокомолек. соед. —1999.—Т. 41, № 7. — С. 1176—1182.
3. *Чупятов А.М.* Кинетика реакций между противоположно заряженными линейными и сетчатыми полиэлектролитами / А.М. Чупятов, В.Б. Рогачева, А.Б. Зенин, В.А. Кабанов // Высокомолек. соед. — 1994. — Т. 36, № 2. — С. 212—217.
4. *Azarikia F.* Efficacy of whey protein-tragacanth on stabilization of oil-in-water emulsions: Comparison of mixed and layer by layer methods [Text] / F. Azarikia, S. Abbasi // Food Hydrocoll. — 2016. — AUGUST.— P. 26—34.
5. *Patino J.M.R.* Protein-polysaccharide interactions at fluid interfaces [Text] / J.M.R. Patino, A.M.R. Pilosof // Food Hydrocoll. Elsevier Ltd. —2011. —Vol. 25, # 8. — P. 1925—1937.
6. Білки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.horting.org.ua/node/1610>.
7. *Колотий Т.Б.* Аналитические характеристики пектина из некоторых видов дикорастущих плодов и ягод предгорной зоны Адыгеи / Т.Б. Колотий, З.Н. Хатко // Новые технологии.— 2012.— № 3.— С. 1—4.
8. *Гимаев И.Н.* Влияние параметров процесса гидролиза-экстракции на выход и качество пектина из плодово-ягодного сырья / И.Н. Гимаев, Н.К. Романова, О.А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. — 2004. — №. 1. — С. 214—218.
9. *Гнищевич В.А.* Технология и биологическая ценность молочно-белковых копреципитатов / В.А. Гнищевич, Т.И. Юдина, Л.Г. Дейниченко // Товары и рынки.— 2016.— № 2.— С.148—158.

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

**В.А. Гнищевич, Л.Г. Дейниченко**

*Киевский национальный торговко-экономический университет*

**А.Б. Горальчук**

*Харьковский государственный университет питания и торговли*

*В статье рассмотрены принципы структурообразования молочно-белковых концентратов, проанализировано влияние технологических факторов на модуль мгновенной упругости, модуль эластичности и пластическую вязкость. Построены графические зависимости реологических показателей от температуры коагуляции, рН среды и длительности предварительной пастеризации пахты. Определено влияние степени этерификации протопектина ягодного сырья на структурно-механические свойства концентратов и типы связей, которые образуются в пищевых системах. С учетом полученных данных сделан вывод о дальнейшем использовании молочно-белковых концентратов в пищевой технологии.*

**Ключевые слова:** *белково-углеводное молочное сырьё, пахта, клюква, калина, молочно-белковые концентраты, реологические свойства, степень этерификации.*

УДК 664.64.016.8

## DEVELOPING THE METHOD OF COMPLEX QUANTITATIVE ESTIMATION OF THE QUALITY OF BISCUITINE READY-TO-COOK FOODS

O. Kuzmin, R. Komarnytskyi, V. Hubenia, I. Dochynets

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Quality  
Comprehensive  
quantitative assessment  
Digestible calcium  
Ponge cake mix  
Powder shell*

---

**Article history:**

Received 18.01.2017  
Received in revised form  
16.02.2017  
Accepted 01.03.2017

---

**Corresponding author:**

R. Komarnytskyi  
**E-mail:**  
syskovosyskovo135@  
mail.ru

---

**ABSTRACT**

A comprehensive quality score indicator based on the principles of quality control is proposed for quantifying the characteristics of the generalized optimization parameter and evaluating the quality of the products according to the number of organoleptic, physical, chemical and microbiological indicators of the content of toxic elements, mycotoxins, pesticides and food indices (fibers fats, carbohydrates, minerals, vitamins). The authors developed the hierarchical structure of complex quality, scale nodal values of quality and weight coefficient using the desirability function of Harrington. The possibility of introducing crushed shell of quail eggs as a source of easily digestible calcium when manufacturing semi-finished biscuit products has been investigated.

---

## РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОЇ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

О.В. Кузьмін, Р.В. Комарницький, В.О. Губеня, І.В. Дочинець

Національний університет харчових технологій

*Для кількісної характеристики узагальненого параметра оптимізації у статті запропоновано комплексний показник якості, що базується на принципах кваліметрії та дає змогу оцінити якість продукції одним числом за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, визначити вміст токсичних елементів, радіонуклідів, мікотоксинів, пестицидів і харчових показників (білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни). Розроблено ієрархічні структури комплексного показника якості, шкали вузлових значень показників якості, коефіцієнта вагомості з використанням функції бажаності Харрінгтона. Оцінено можливість внесення подрібненої шкаралупи перепелиних яєць як джерела легкозасвоюваного кальцію у виготовлені бісквітного напівфабрикату.*

**Ключові слова:** *якість, комплексна кількісна оцінка, легкозасвоюваний кальцій, бісквітний напівфабрикат, порошок шкаралупи.*

**Постановка проблеми.** Одним із поширених недоліків раціону всіх верств населення є нестача кальцію. Основним джерелом кальцію у харчуванні є молочні продукти, з якими організм отримує 60...70% даного макроелемента. Дефіцит кальцію у харчуванні характерний, зокрема, для населення країн з низьким споживанням молочних продуктів.

Особливо чутливими до нестачі кальцію є діти, вагітні жінки та літні люди. Так, у дітей раннього віку існує ризик захворюваності на рахіт, спостерігається неправильний розвиток зубів і порушення обміну речовин. Якщо в період формування скелета кальцію недостатньо, то піку кісткової маси не буде досягнуто, що підвищує ризик остеопорозу в похилому віці. Дефіцит кальцію під час вагітності призводить до появи слабкості під час пологів та є однією з причин атонії мускулатури матки. Порушення кальцієвого обміну підвищує схильність до застуд, алергій, вірусних інфекцій і знижує захисні властивості організму проти радіації.

Традиційні медичні препарати та дієтичні добавки з кальцієм розробляють на основі хлористого кальцію, гіпсу та крейди. Засвоєваність кальцію з названих речовин низька. Всмоктування кальцію у травній системі знижується також за наявності фітатів зернових продуктів або оксалатів у зелених листових овочах. Засвоєння кальцію залежить від наявності достатньої кількості вітаміну D, тому незадовільний стан кісткової тканини може бути зумовлений дефіцитом цього вітаміну.

**Метою статті** є розроблення методики кількісної оцінки якості бісквітного напівфабрикату, виготовленого з додаванням подрібненої шкаралупи перепелиних яєць як джерела кальцію; визначення оптимальних умов внесення добавки до бісквітного тіста.

**Виклад основних результатів дослідження.** Шкаралупа перепелиних яєць на 90% складається з карбонату кальцію, який легко засвоюється організмом. Серед інших складових можна виділити широкий спектр мікроелементів (мідь, фтор, залізо, марганець, молібден, фосфор, сірку, цинк тощо) і білок (6%). Вміст елементарного кальцію в шкаралупі становить близько 30%.

Порошок зі шкаралупи перепелиних яєць отримували таким способом: оброблену шкаралупу висушували за температури 180 °C впродовж 15 хв; далі шкаралупу подрібнювали за допомогою лабораторного млинка й обробляли розчином яблучної кислоти; після цього висушували та повторно подрібнювали.

Об'єктом для збагачення кальцієм обрано бісквітне тістечко з какао. Дозування добавок розраховували так, щоб в одній порції тістечок (2 штуки по 40 г) містилося 50% добової потреби в кальції. Таким чином, кількість порошку яєчної шкаралупи слід додавати з розрахунку 1,6 г на порцію. Проведеною серією лабораторних випікань встановлено, що добавки доцільно вносити як часткову заміну какао. Заміна ж борошна призводить до зниження формостійкості та погіршення форми готових виробів.

Органолептичні показники готових виробів з додавання порошку яєчної шкаралупи перепелів порівняно з контрольним зразком змінюються несуттєво. Об'єм виробів дещо зменшується, проте некритично.



Порошок з яєць курей у виробі спричиняє появу вираженого хрусту під час споживання. Це пояснюється міцнішою оболонкою курячих яєць, тому під час подрібнення не вдається отримати таких розмірів частинок, як з перепелиної шкаралупи.

Результати органолептичної оцінки якості бісквітних тістечок з додаванням порошку яєчної шкаралупи дають підстави до продовження обраного напрямку наукових досліджень. Зокрема, необхідно вивчити вплив добавок на процес збивання та стійкість збитої маси й тіста. Додавання у бісквітні тістечка порошку, дещо відрізняються від контролю. При надлишковому додаванні порошку зменшується пористість тістечок, що змінює консистенцію, при цьому, відповідно, зменшується висота готових випечених виробів.

На підставі теоретико-методичної бази кваліметрії нами розроблена методика оцінки якості бісквітного напівфабрикату. Виражені в різних одиницях абсолютні значення показників якості не можна безпосередньо звести у загальний комплексний показник без трансформації їх до загальної шкали вимірювання [1].

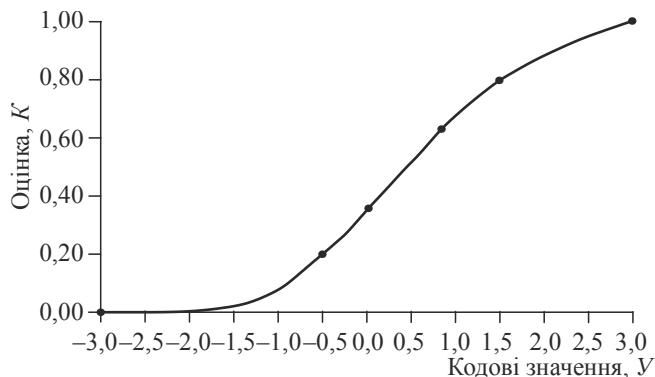
Відповідно до принципів кваліметрії, значення одиничного показника якості та якості продукції в цілому має бути оцінене шляхом порівняння з базовим або еталонним значенням [2]. Ця оцінка є безрозмірною величиною.

Існують різні способи отримання оцінок. Найбільш перспективним вважається спосіб, заснований на застосуванні безрозмірної шкали Харрінгтона [2], яка має такі корисні і важливі властивості, як монотонність, безперервність, гладкість, адекватність, ефективність і статистичну чутливість. Для перетворення абсолютних значень показників якості продукції на безрозмірну їх оцінку раціонально застосовувати експоненціальну залежність, покладену в основу шкали бажаності Харрінгтона (1):

$$D_i = \exp[-\exp(-Y_i)], \quad (1)$$

де  $Y_i$  — кодове значення показника якості  $P_i$ .

Дана шкала передбачає 5 інтервалів (рис. 1), у загальному інтервалі шкали від 1,00 до 0,00: 1,00...0,80 — дуже добре (відмінно); 0,80...0,63 — добре; 0,63...0,37 — задовільно; 0,37...0,20 — погано; 0,20...0,00 — дуже погано.



**Рис. 1. Графік визначення оцінок нормованих показників якості**

На рис. 2 представлена ієрархічна структура нормованих і ненормованих показників якості основних компонентів. До нормованих відносять за ДСТУ 4803: 2007 [3] органолептичні показники, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники, токсичні елементи, радіонукліди, міотоксини, пестициди. До ненормованих відносять харчові показники: білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни [5].



Рис. 2. Ієрархічна структура бісквітного напівфабрикату, згідно з НД

Кодовані і відповідні їм абсолютні значення показників властивості розташовуються на осі абсцис, значення відносних показників — на осі ординат.

Нульове кодоване значення відповідає допустимому в нормативній документації (НД) абсолютному значенню показника властивостям з відносним показником 0,37.

За ДСТУ 4803: 2007 [3], до органолептичних показників відносяться: зовнішній вигляд; форма; поверхня; начинка; колір; вид у розрізі; смак і запах. До фізико-хімічних показників відносяться [3]: масова частка вологи; масова частка жиру у перерахунку на суху речовину; масова частка загального цукру (за сахарозою) у перерахунку на суху; масова частка загального цукру (за сахарозою) у перерахунку на суху речовину; масова частка загальної сірчистої кислоти; масова частка сахарози у водяній фазі крему; масова частка замінича цукру (у діабетичних виробках).

До мікробіологічних відносяться [3]: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), КУО, в 1 г продукту; кількість бактерій групи кишкової палички (БГКП), в 1 г продукту; *Staphylococcus aureus*, в 0,1 г продукту; патогенні мікроорганізми, зокрема *Salmonella*; дріжджі, КУО не більше в 1 г продукту; плісняві гриби, КУО не більше в 1 г продукту.

До токсичних відносяться [3]: свинець, миш'як, ртуть, кадмій. До міотоксинів відносяться [3]: афлатоксин  $\beta_1$ ; дезоксиніваленол. До пестицидів відносяться [3]: ГХЦГ (а,  $\beta$ ,  $\gamma$ -ізомери); ДДТ та його метаболіти. До радіонуклідів відносяться [4]:  $Cs^{137}$ ;  $Sr^{90}$ . До харчових відносяться [5]: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини. Обґрунтування вузлових значень (табл. 1) виконано з урахуванням вимог до бісквітного напівфабрикату (тортів і тістечок) за ДСТУ 4803:2007 [3]. Нормовані значення [3] представлені у вигляді відносного показника  $K_i = 0,37$  та виділені жирним шрифтом.

За еталонне значення  $P_{em}$  (з оцінкою 1,0) набуто середнього теоретичного значення цих показників. Інтервал значень показників між оцінками 1,00 і 0,37 а також між 0,37 і 0,00 був вибраний з урахуванням забезпечення рівномірності шкали, а також з практичних і логічних міркувань.

*Таблиця 1. Шкала вузлових значень показників якості бісквітного напівфабрикату*

Назва показника, одиниця виміру	Оцінка $K_i$					
	1,00	0,80	0,63	0,37	0,20	0,00
	Кодоване значення $V$					
	3,00	1,50	0,85	0,00	-0,50	-3,00
1	2	3	4	5	6	7
<b>Органолептичні показники</b>						
Зовнішній вигляд	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Форма	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Поверхня	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Начинка	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Колір	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Вид у розрізі	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Смак і запах	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<b>Фізико-хімічні показники</b>						
МЧ вологи, %	25	24,5	24,2	24	20	15
	25	26	27	28	30	50
МЧ жиру у перерахунку на суху речовину, %	0,7	1,5	2	3	6	10
Масова частка загального цукру (за сахарозою) у перерахунку на суху речовину, %	0,5	1,5	2	3	6	10
Масова частка загальної сірчистої кислоти, %	0,0007	0,003	0,007	0,01	0,07	0,15
Масова частка сахарози у водяній фазі крему, %	90	80	70	60	45	25
<b>Мікробіологічні показники</b>						
Кількість МАФАНМ	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
БГПК (коліформи)	0,001	0,005	0,008	0,01	0,07	0,2
<i>Staphylococcus aureus</i> в 1,0 г продукту	0,001	0,005	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	0,7	1,3
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	1	10	15	25	40	60
Дріжджі КУО, не більше в 1 г продукту	2	15	25	<b>50</b>	100	200
Плісняві гриби КУО, в 1 г продукту	2	20	<b>50</b>	<b>100</b>	200	300
<b>Токсичні елементи</b>						
Свинець, мг/кг	0,01	0,05	0,1	0,5	1,4	3
Кадмій, мг/кг	0,005	0,01	0,05	0,1	0,7	1,5
Миш'як, мг/кг	0,001	0,005	0,01	0,3	1	1,6
Ртуть, мг/кг	0,001	0,005	0,01	0,02	0,1	1
<b>Мікотоксини</b>						
Дезоксиніваленол	0,05	0,1	0,3	0,7	1,2	2
Афлатоксин β1	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02
<b>Пестициди</b>						
ГХЦГ (α, β, γ-ізомери)	0,007	0,05	0,1	0,2	0,7	1,2
ДДТ та його метаболіти	0,001	0,005	0,01	0,02	0,09	0,2
<b>Радіонукліди</b>						
Cs <sup>137</sup>	1	20	50	100	200	300
Sr <sup>90</sup>	15	80	200	400	500	600
<b>Харчові показники</b>						
Білки у 100 г продукту, г	50	49	48	<b>46</b>	40	30
	50	54	57	<b>60</b>	70	100
Жири у 100 г продукту, г	47	46	45	<b>44</b>	35	20
	47	48	49	<b>50</b>	60	70
Вуглеводи у 100 г продукту, г	200	220	240	<b>260</b>	300	350
	200	194	188	<b>180</b>	100	50
Кальцій у 100 г продукту, мг	200	192	186	<b>160</b>	80	0
	200	215	230	<b>240</b>	300	500
Калій у 100 г продукту, мг	1350	1250	1150	<b>1062</b>	900	750
	1350	1400	1450	<b>1500</b>	1800	2100
Натрій у 100 г продукту, мг	315	305	295	<b>285</b>	260	200
	315	325	335	<b>345</b>	400	450

1	2	3	4	5	6	7
Манган у 100 г продукту, мг	130	127	124	<b>120</b>	110	95
	130	133	137	<b>140</b>	155	170
Фосфор у 100 г продукту, мг	755	745	737	<b>730</b>	700	500
	755	765	777	<b>780</b>	850	970
Залізо у 100 г продукту, мг	100	94	88	<b>83</b>	75	64
	100	106	111	<b>117</b>	124	135
Вітаміну А у 100 г продукту, мг	550	535	515	<b>500</b>	400	300
	550	575	590	<b>600</b>	640	750
Вітаміну В <sub>1</sub> у 100 г продукту, мг	0,45	0,40	0,35	<b>0,30</b>	0,20	0,10
	0,45	0,50	0,55	<b>0,60</b>	0,70	0,80
Вітаміну В <sub>2</sub> у 100 г продукту, мг	1,3	1,2	1,1	<b>1</b>	0,7	0,3
	1,3	1,4	1,5	<b>1,6</b>	1,9	2,5
Вітаміну В <sub>6</sub> у 100 г продукту, мг	2,3	2,1	2,0	<b>1,9</b>	1,2	0,5
	2,3	2,4	2,5	<b>2,7</b>	3,1	4
Вітаміну С у 100 г продукту, мг	1,3	1,2	1,1	<b>1</b>	0,7	0,3
	1,3	1,4	1,5	<b>1,6</b>	2,0	2,5

Для цього дослідження значення показників з оцінкою нижче 0,37 (які не відповідають вимогам НД) не представляють наукового інтересу.

Для розрахунку комплексної оцінки якості використовували арифметичну середньозважену величину (2):

$$K = \sum_{i=1}^n K_i \cdot m_i, \quad (2)$$

де  $K_i$  — оцінка одиничного показника;  $m_i$  — коефіцієнт вагомості показника;  $n$  — кількість показників, які враховуються.

При цьому дотримується умова [2]:

$$\sum m_{ij} = 1. \quad (3)$$

Одним із варіантів визначення коефіцієнтів вагомості (табл. 2) є експертний метод, заснований на використанні узагальненого досвіду та інтуїції фахівців-експертів.

Експерт — це фахівець, компетентний у вирішенні певного завдання. Компетентність експерта відносно об'єкта дослідження називається професійною компетентністю, а відносно методології ухвалення експертного рішення досліджуваного завдання — експертною компетентністю. Експерт має бути неупередженим і об'єктивним при оцінці об'єкта дослідження.

Серед експертних методів найбільш прийнятними для визначення коефіцієнтів вагомості є: метод переваг, метод рангів, метод попарного зіставлення і метод Дельфи.

Найпоширенішим є метод переваг, який зводиться до того, що експерти нумерують вагомості всіх показників у порядку їх переваги так, щоб найбільш важливий з них отримав вагомості під номером 1, наступний за важливістю — номер 2 тощо. Потім проводять розрахунок середньої арифметичної величини по кожному показнику з урахуванням думки всіх експертів.

*Таблиця 2. Вміст харчових речовин в 1 г мегакалорії (1:2:3) (Б:Ж:В)*

Харчова речовина	Норма	Вагомість
Білки	46	$m_{1-1} = 0,4$
Жири	44	$m_{1-2} = 0,3$
Вуглеводи	260	$m_{1-3} = 0,3$
$\Sigma$ — енергетичних речовин	352	$\Sigma m = 1,0$
Ca	160	$m_{2-1} = 0,2$
K	1062	$m_{2-2} = 0,2$
Na	285	$m_{2-3} = 0,2$
Mg	120	$m_{2-4} = 0,1$
P	730	$m_{2-5} = 0,2$
Fe	83	$m_{2-6} = 0,1$
$\Sigma$ -мінеральних речовин	2440	$\Sigma m = 1,0$
A	500	$m_{3-1} = 0,2$
B <sub>1</sub>	0,30	$m_{3-2} = 0,2$
B <sub>2</sub>	1	$m_{3-3} = 0,2$
B <sub>6</sub>	1,9	$m_{3-4} = 0,2$
C	1	$m_{3-5} = 0,2$
$\Sigma$ — вітамінів	504,2	$\Sigma m = 1,0$
$\Sigma$ — усіх речовин	3296,2	

При використанні методу рангів експерти оцінюють важливість кожного показника за заздалегідь розробленою шкалою відносної значущості в діапазоні від 0 до 1. Коефіцієнти вагомості знаходять з урахуванням оцінок призначених усіма експертами по кожному показнику в усій їх сукупності [2]:

$$R_i = \sum_{j=1}^k R_{ij} ; \quad (4)$$

$$m_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} , \quad (5)$$

де  $R_i$  — сума перетворених рангів, присвоєних експертами кожному показнику якості;  $m_i$  — коефіцієнт вагомості показників якості;  $k$  — кількість експертів;  $n$  — кількість показників якості, вагомість яких визначається.

### **Висновки**

У статті розроблено методика оцінки органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників, що дає змогу визначити вміст токсичних елементів, радіонуклідів, мікотоксинів, пестицидів і вмісту харчових показників (білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни) у бісквітному напівфабрикаті з використанням функції бажаності Харрінгтона.

Для кількісної характеристики узагальненого параметра оптимізації запропоновано комплексний показник якості, що базується на принципах кваліметрії, дає змогу оцінити якість продукції одним числом. Також розроблено ієрархічні структури комплексного показника якості досліджуваних об'єктів, що беруть участь у процесі внесення порошку з перепелиної шкаралупи.

### Література

1. Азгольцов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгольцов. — Москва : Экономика, 1982. — 256 с.
2. Топольник В.Г. Квалиметрия в ресторанном хозяйстве: монография / В.Г. Топольник, А.С. Ратушный. — Донецк: ДонНУЭТ, 2008. — 243 с.
3. Торти і тістечка. Загальні технічні умови : ДСТУ 4803: 2007. — [Чинний від 2009-01-01]. — Київ : Держспоживстандарт України, 2007. — 22с.
4. Про безпечність та якість харчових продуктів (зі змінами та доповненнями від 06.09.2005) № 2809 IV : Закон України // Офіційний вісник України. — 2005. — № 42.
5. Химический состав пищевых продуктов : книга 1 : Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И.М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ВО «Агропромиздат», 1987. — 224 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА БИСКВИТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

О.В. Кузьмин, Р.В. Комарницкий, В.А. Губеня, И.В. Дочинец  
*Национальный университет пищевых технологий*

*Для количественной характеристики обобщенного параметра оптимизации в статье предложен комплексный показатель качества, который базируется на принципах квалиметрии и позволяет оценить качество продукции одним числом по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, а также определить содержание токсичных элементов, радионуклидов, микотоксинов, пестицидов и пищевые показатели (белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины). Разработаны иерархические структуры комплексного показателя качества, шкалы узловых значений показателей качества и коэффициента весомости с использованием функции желательности Харрингтона. Оценена возможность использования измельченной скорлупы перепелиных яиц как источника легкоусвояемого кальция при изготовлении бисквитного полуфабриката.*

**Ключевые слова:** *качество, комплексная количественная оценка, легкоусвояемый кальций, бисквитный полуфабрикат, порошок скорлупы.*

## THE USE OF PRIORI DISTRIBUTION FACTORS WHILE CREATING THE RECIPES OF ALCOHOLIC BEVERAGES

N. Holovko, N. Penkina, V. Kolesnyk, V. Polupan  
*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

**Key words:**

*Tinctures  
Experts  
Distribution factors  
Herbs*

**Article history:**

Received 18.01.2017  
Received in revised form  
05.02.2017  
Accepted 24.02.2017

**Corresponding author:**

V. Kolesnyk

**E-mail:**

vkol240584@gmail.com

**ABSTRACT**

The necessity of the prior use of calculated methods to create high-quality alcoholic beverages is substantiated in the article. The possibility of using the method of priori distribution factors for the creation of optimal recipes of tinctures by means of questioning the experts is proved. The distribution results are investigated. The results of mathematical calculations for determining the coherence of expert opinions using the concordance factor are presented. The average rank priori chart is built and priority additives to infusions are identified.

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АПРІОРНОГО РАНЖУВАННЯ ЧИННИКІВ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ РЕЦЕПТУР АЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

М.П. Головко, Н.М. Пенкіна, В.В. Колесник, В.В. Полупан  
*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті обґрунтовано необхідність попереднього використання розрахункових методів під час створення якісних алкогольних напоїв. Доведено можливість використання методу апріорного ранжування чинників для створення оптимальних рецептур настоянок на основі результатів анкетування фахівців-експертів. Досліджено результати ранжування. Наведено результати математичних розрахунків з визначення узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації. Побудовано середню апріорну діаграму рангів і визначено пріоритетні добавки для настоянок.*

**Ключові слова:** *настоянки, експерти, ранжування чинників, рослинна сировина.*

**Постановка проблеми.** Вживання алкоголю є масовим явищем, яке пов'язане з національними традиціями і звичаями, соціальними аспектами та психологічними особливостями. Незважаючи на те, що зловживання алкогольними напоями шкідливе для здоров'я людей та є однією з причин смертності, реальний попит на лікєро-горілчані вироби з кожним роком збіль-



шується. Зростання алкогольно-залежної захворюваності та смертності пов'язане також зі збільшенням споживання населенням «міцних» напоїв, у тому числі незаконно виготовленої спиртовмісної продукції сумнівної якості [1].

Згідно зі статистичними даними, алкоголь в Україні вживають 24 млн громадян. Рівень споживання лікєро-горілчанних виробів в Україні є одним із найвищих у світі та становить близько 20 л абсолютного спирту на душу населення у рік, тоді як за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) споживання алкоголю вище, ніж 8 літрів призводить до деградації нації [2—5]. Однак сподіватися на відмову населення від спиртних напоїв або на скорочення їх споживання, яке не викликає згубної дії, у наш час неможливо.

У зв'язку з вищесказаним очевидним є завдання пошуку засобів зниження пагубної дії від вживання алкоголю на організм людини. Зокрема, шляхом наукового підходу до формування споживних властивостей алкогольних напоїв зі зниженим токсичним ефектом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні під час виробництва лікєро-горілчаної продукції більш детальна увага приділяється питанню створення нових і вдосконалення діючих технологій з метою розширення асортименту продукції та збільшення обсягів продажу. На споживчому ринку з'являється значна кількість багатоконпонентних алкогольних напоїв, до рецептурного складу яких внесено інгредієнти, які формують смак і аромат виробів, що направлено передусім на підвищення рівня попиту на відповідний товар [6]. Але сучасний споживач, маючи широкий вибір конкретного найменування лікєро-горілчаного напою, звертає увагу не лише на зовнішній вигляд і смаковість продукту, але й надає особливого значення безпечності та наслідкам, пов'язаним з його вживанням [7; 8].

За даними провідних досліджень галузі, ефективним для запобігання токсичної дії етилового спирту на організм людини є використання настоїв і морсів з рослинної сировини, які мають достатньо стійкий лікувально-профілактичний ефект та мінімальну побічну дію у разі їх використання в рецептурному складі алкогольних напоїв [9].

Зараз у лікєро-горілчаному виробництві використовується більше 150 видів рослинної сировини [10]. Препарати з рослин відрізняються складним хімічним складом, зумовленим їхніми властивостями та, як наслідок, різноманітністю біологічної дії. Вони комплексно впливають на організм, запускаючи захисні механізми.

Разом із цим, сучасні технології надають можливість виділити й отримати певні біологічно активні речовини в максимальній кількості та з найменшим їх руйнуванням, зберігаючи при цьому їх високі природні властивості [11].

Важливим етапом створення будь-якого засобу на основі рослинного матеріалу є забезпечення відтворюваних біологічних ефектів під час його практичного використання, що може бути досягнуто за умови стандартизації цього засобу за об'єктивними показниками та кількісного контролю. Але сьогодні, на жаль, недостатньо вивчено механізми взаємодії активних речовин рослинної сировини з алкоголем. У деяких рослинах є хімічні складові, що під час взаємодії з етиловим спиртом утворюють потенційно небезпечні

сполуки, які *in vivo* трансформуються в токсичні сполуки. В екстрактах хаменерію, мати-і-мачухи містяться алкалоїди, які характеризуються гепатотоксичністю, айр, бузина, м'ята, полин, кістки вишні, абрикоса, персика містять сильнодіючі токсичні речовини [12;13].

Виходячи з вищенаведеного, об'єктивно необхідним напрямом наукових досліджень є подальше визначення шляхів запобігання згубної дії алкоголю, зокрема у складі міцних алкогольних напоїв, враховуючи їх популярність серед споживачів. Наше дослідження спрямоване на наукове обґрунтування ретельного відбору, дозування та контролю якості рослинної сировини, яка вводиться до складу напою. Шляхом комплексних досліджень з визначення сумісності можливо створити алкогольні напої зі зниженими токсичними властивостями та розширити асортимент алкогольної продукції. Інґредієнти, що вводяться до рецептурного складу алкогольного напою, мають поєднуватися один з одним не лише за смаковими, ароматичними та кольоровими характеристиками, але й мати відповідні фармакопейні властивості та злагожену антитоксичну дію.

**Мета статті:** наукове обґрунтування вибору рослинної сировини для формування якості алкогольних напоїв зниженої токсичної дії на основі методу апріорного ранжування чинників.

**Виклад основних результатів дослідження.** Для вирішення проблеми високої токсичності алкогольних настоянок пропонується використовувати натуральну рослинну сировину. Насамперед потрібно було визначити види натуральних добавок, які б користувалися популярністю у потенційних споживачів. Особливості інноваційної складової маркетингових досліджень полягають у вдосконаленні рецептурного складу міцних алкогольних напоїв за рахунок введення до нього добавок, що дасть змогу отримати якісний продукт із зниженим токсичним ефектом і заданими органолептичними характеристиками. Для визначення смако-ароматичних уподобань респондентам було запропоновано низку рослинних добавок (лікарську рослинну сировину, соковиті ягоди, прянощі, тропічні та субтропічні фрукти). Вибір рослинної сировини було зумовлено її фармакопейними властивостями. Компоненти, які входять до її складу, можуть знизити негативний вплив алкоголю на організм. Запропонована сировина відноситься до п'ятого класу токсичності — умовно нетоксична сировина. Спираючись на літературні дані [14], з асортименту прянощів було вибрано корінь імбиру, який є популярним у сучасного споживача, серед фруктів — ківі та апельсин як плоди, що, за статистичними даними [15; 16], найчастіше купуються в роздрібній торговельній мережі.

Відповідно до отриманих нами результатів опитування, більшим попитом будуть користуватися настоянки з додаванням апельсину, ехінацеї, імбиру, чорноплідної горобини, естрагону та ківі. Смаки та властивості наведених добавок зрозумілі та звичні для споживачів, що і пояснює їх вибір.

Але під час створення нових рецептур алкогольних напоїв було враховано не лише споживчі переваги, а й значний діапазон вимог фахівців (смако-ароматичні параметри, оригінальність, злагоженість, вираженість смаку,

аромату та кольору), приділено особливу увагу потенційній ефективності вибраних компонентів, а також враховано їх доступність і вартість.

Під час вибору добавок для створення нових рецептур міцних алкогольних напоїв було використано метод апріорного ранжування чинників, який застосовується для обробки даних, отриманих у результаті опитування фахівців-експертів: фахівці медичної та фармацевтичної галузі, технологи та експерти з провідних лікєро-горілчаних виробництв і співробітники кафедри товарознавства в митній справі Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Такий експеримент дає змогу більш правильно сформулювати об'єкт дослідження, дати порівняльну оцінку впливу різних чинників на параметри оптимізації і, таким чином, відібрати чинники для подальших досліджень.

Особливість методу апріорного ранжування полягає в тому, що чинники, які, відповідно до апріорної інформації, можуть мати істотний вплив, ранжуються в порядку зменшення їхнього внеску. Внесок кожного чинника оцінюється за величиною рангу, який відведено дослідником. Під час ранжування експерт урахує передбачуваний вплив усіх чинників на параметри оптимізації. У ході опитування фахівців кожному з них пропонується заповнити анкету, у якій перераховано чинники, їх розмірність і передбачувані інтервали варіювання. Заповнюючи анкету, фахівець визначає місце чинників.

Експертам було запропоновано вибрати та проранжувати в порядку перспективності добавки з підготовленого переліку. Вибрані інгредієнти дозволені для використання у лікєро-горілчаних виробках МОЗ України. Результати ранжування подано в таблиці.

*Таблиця. Результати ранжування добавок*

№ з/п	Добавка (чинники)	Експерт										Σ	Δ <sub>i</sub>	Δ <sub>i</sub> <sup>2</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Журавлина	17	16	11	14	11	10	12	19	15	17	142	36,75	1350,56
2	Апельсин (шкірка) свіжий	5	4	6	9	2	4	1	5	3	3	42	-63,25	4000,56
3	Ківі	4	8	1	2	10	1	4	4	9	8	51	-54,25	2943,06
4	Волошка	18	14	14	11	12	11	13	17	16	19	145	39,75	1580,06
5	Корінь родіоли рожевої	7	5	2	8	3	8	2	10	4	5	54	-51,25	2626,56
6	Чорноплідна горобина (свіжа)	1	7	7	3	9	5	3	7	8	6	56	-49,25	2425,56
7	Естрагон (свіжий)	10	10	4	10	1	2	9	1	7	1	55	-50,25	2525,06
8	Меліса	11	12	18	20	13	12	14	11	17	12	140	34,75	1207,56
9	Корінь ехінацеї пурпурної	8	2	9	4	8	6	6	3	2	11	59	-46,25	2139,06
10	Шипшина	20	15	12	13	14	16	19	18	6	15	148	42,75	1827,56

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11	Перець червоний	19	17	17	12	15	17	20	14	14	14	159	53,75	2889,06
12	Розгоровша плямиста (шрот)	6	1	3	7	7	13	5	6	10	4	62	-43,25	1870,56
13	Ромашка	13	13	13	18	18	18	17	15	19	16	160	54,75	2997,56
14	Зубрівка	14	11	20	15	20	19	18	20	18	13	168	62,75	3937,56
15	Ламінарія (сушена)	9	9	10	6	6	9	8	2	1	2	62	-43,25	1870,56
16	Корінь імбиру	2	6	5	1	5	7	10	9	5	7	62	-43,25	1870,56
17	М'ята перцева	12	18	15	16	19	14	11	13	20	20	158	52,75	2782,56
18	Календула	15	19	19	19	17	15	16	16	13	18	167	61,75	3813,06
19	Фруктоза	16	20	16	17	16	20	15	12	12	10	154	48,75	2376,56
20	Глюкоза	3	3	8	5	4	3	7	8	11	9	61	-44,25	1958,06
Загальна сума												2105		46431,7

Узгодженість думок експертів оцінювали за допомогою коефіцієнта конкордації або, по-іншому, коефіцієнта множинної рангової кореляції. Спочатку визначали суму рангів за чинниками ( $\sum_1^m a_{ij}$ ). Наступним етапом є визначення різниці ( $\Delta_i$ ) між сумою кожного чинника та середньою сумою рангів і сумою квадратів відхилень ( $S$ ):

$$\Delta_i = \sum_1^m a_{ij} - \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij})}{n} \quad (1)$$

Сума квадратів різниць рангів розраховується за такою формулою:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2, \quad (2)$$

де  $a_{ij}$  — ранг кожного  $i$ -го чинника в  $j$ -го дослідника;  $m$  — кількість дослідників;  $n$  — кількість чинників.

Результати розрахунків узагальнено в таблиці. Отримані дані надають можливість побудувати середню апіорну діаграму рангів, але попередньо необхідно оцінити ступінь узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації.

Коефіцієнт конкордації розраховували за такою формулою:

$$w = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3)$$

де  $S$  — сума квадратів відхилень рангів;

Результати розрахунків :

$$w = \frac{12 \cdot 51365,89}{10^2(20^3 - 20)} = 0,7.$$

Якщо  $W < 0,2$ — $0,4$ , то узгодженість експертів слабка, якщо  $W > 0,6$ — $0,8$ , то узгодженість експертів сильна. Використовувати коефіцієнт конкордації

можна після оцінки його значущості, яка можлива за допомогою  $\chi^2$ -розподілу з кількістю ступенів свободи  $f = n-1$ . Значення  $\chi^2$ -критерію визначають за формулою:

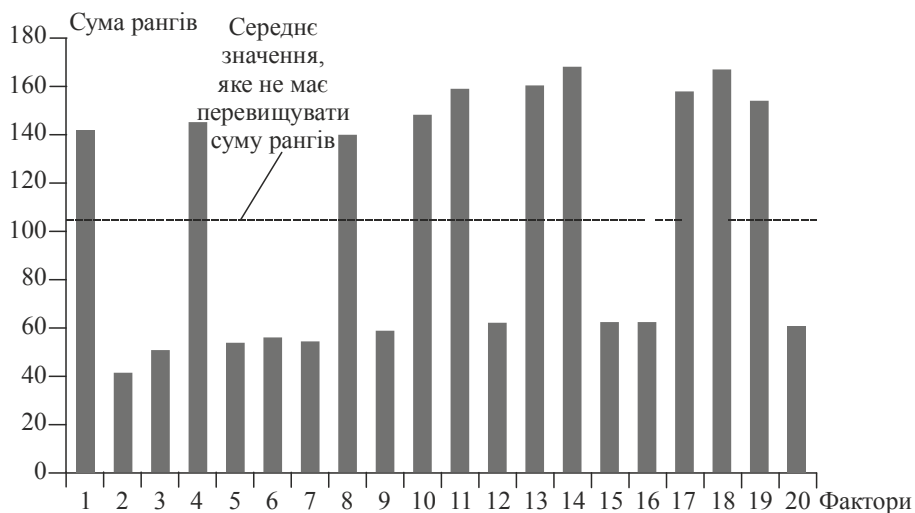
$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)}. \quad (4)$$

Результати розрахунків:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 46431,7}{10 \cdot 20(20+1)} = 132,6.$$

Гіпотеза про наявність узгодженості експертів може бути врахована, якщо за заданої кількості ступенів свободи табличне значення  $\chi^2$  менше розрахункового для 5-відсоткового рівня значущості [17]. У табличних даних знайдено, що для відповідного рівня вагомості за значення ступенів свободи  $f=20$ -  $\chi^2 = 30,14$ . У зв'язку з отриманими даними можна з 95-відсотковою впевненістю стверджувати, що узгодженість експертів відповідає коефіцієнту конкордації.

За результатами оцінки узгодженості думок експертів побудовано середню апіорну діаграму рангів (рис.). Сума результатів, що дали експерти кожній добавці, на рисунку не має перевищувати середнього значення, яке в нашому випадку дорівнює 105,25.



**Рис. Середня апіорна діаграма**

Для подальшої роботи за результатами дослідження були вибрані такі добавки: розторопша плямиста (шрот), корінь імбиру, корінь родіоли рожевої, корінь ехінацеї пурпурної, апельсин (шкірка) свіжий, чорноплідна горобина (свіжа), естрагон (свіжий), ківі (свіжий), ламінарія (сушена), глюкоза.

### Висновки

1. Визначено, що використання рослинної сировини у складі лікєро-горілочаних виробів є ефективним шляхом зниження токсичного впливу алкоголю на організм людини при його вживанні. Використання рослинної сировини дає змогу отримати якісний продукт зі зниженим токсичним ефектом і заданими органолептичними характеристиками.

2. Шляхом маркетингових досліджень встановлено, що більшим попитом споживачів будуть користуватися настоянки з додаванням апельсину, ехінацеї, імбиру, чорноплідної горобини, естрагону та ківі. Смаки й властивості наведених добавок зрозумілі та звичні для споживачів, що й пояснює їх вибір.

3. Використання методу апіорного ранжування чинників дало змогу врахувати значний діапазон вимог фахівців до розроблюваного продукту, а саме: смако-ароматичні параметри, оригінальність, злагожденість, вираженість смаку, аромату та кольору, приділити особливу увагу потенційній ефективності вибраних компонентів, а також врахувати їх доступність і вартість.

4. Для подальшого наукового обґрунтування та розробки міцного алкогольного напою зі зниженим токсичним ефектом за результатами досліджень визначено безпечними й ефективними такі добавки: розторопша плямиста (шрот), корінь імбиру, корінь родіоли рожевої, корінь ехінацеї пурпурної, апельсин (шкірка) свіжий, чорноплідна горобина (свіжа), естрагон (свіжий), ківі (свіжий), ламінарія (сушена), глюкоза.

5. Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок про перспективність використання методу апіорного ранжування чинників під час формування споживних властивостей і розширення асортименту міцних лікєро-горілочаних виробів за рахунок використання різноманітних композицій на основі рослинної сировини.

### Література

1. Головка М.П. Способи зниження токсичного ефекту алкоголю на організм / М.П. Головка, Н.М. Пенкіна, В.В. Колесник // Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі. — 2012. — № 1 (15). — С. 164—170.
2. Алкоголізм в Україні — факти, статистика, аналітика [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://alkogolya.net/lechenie\\_alkogolizma/alkogolizm\\_v\\_ukraine/](http://alkogolya.net/lechenie_alkogolizma/alkogolizm_v_ukraine/).
3. Гонопольский М.Х. Алкоголь и разрушение личности / М.Х. Гонопольский // Наука и жизнь. — 2010. — № 8 (24). — С.14—16.
5. Bensafi M. Asymmetry of pleasant vs. unpleasant odor processing during affective judgment in humans / M. Bensafi, C. Rouby // NeuroscienceLetters. — 2012. — Vol. 328, Issue 3, 16 August. — P. 309—313.
6. Нужний В.П. Хіміко-токсикологічні дослідження міцних алкогольних напоїв домашнього виготовлення з різних регіонів / В.П. Нужний, С.А. Савчук // Наркологія. — 2011. — № 5. — С. 43—48.
7. Попов Е.Ю. Новые комплексные пищевые добавки для ликероводочных изделий / Е.Ю. Попов // Ликероводочное производство и виноделие. — 2005. — № 8. — С. 5.
8. Полякова И.В. Тенденции развития ассортимента водок / И.В. Полякова, В.А. Янсон, А.Б. Даниловцева // Прогрессивные технологии и современное оборудование — важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности: IV междунар. науч.-практ. конф., 23—24 апр. 2009. — Москва : Пищ. пром-сть, 2009. — С. 212—222.

9. Бурачевская В.Ю. Пищевые добавки в производстве водок / В.Ю. Бурачевская, М.И. Пальдяева // Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и уксусной отраслей промышленности. — Москва : ВНИИПБТ, 2006. — С. 96—98.
10. Шишков М.В. Биохимический механизм действия новых алкопротекторов / М.В. Шишков // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2009. — № 3. — С. 39—42.
11. Нужный В.П. Лекарственные растения и фитокомпозиции в наркологии / В.П. Нужный. — Москва : Комкнига, 2006. — 512 с.
12. Романова Н.К. Пищевые добавки с алкопротекторными свойствами / Н.К. Романова, Н.Н. Симонова, Л.А. Костина // Пищевая промышленность. — 2007. — № 11. — С. 26—27.
13. Попов Е.Ю. Новые стандарты для новых водок / Е.Ю. Попов // Ликероводочное производство и виноделие. — 2009. — № 11. — С. 18—19.
14. Мануйлов Б.М. Возможности фитотерапии при злоупотреблении алкоголем / Б.М. Мануйлов. — Москва: Колос, 2010. — 100 с.
15. Полторак В.А. Маркетинговые исследования / В.А. Полторак, И.В. Тараненко, Е.Ю. Красовская. — Днепропетровск : ДУЭП, 2007. — 132 с.
16. Почему имбирь завоевал популярность в Украине [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://www.zid.com.ua/rus\\_creativework/pochemu-ymbyr-zavoeval-populyarnost-v-ukraїne](http://www.zid.com.ua/rus_creativework/pochemu-ymbyr-zavoeval-populyarnost-v-ukraїne).
17. Анализ рынка свежих фруктов в Украине в 2011—2015 гг., прогноз на 2013—2017 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://marketing.rbc.ua/publication/23.12.2013>.
18. Мельниченко О.П. Статистична обробка експериментальних даних : навч. посібник / О.П. Мельниченко, І.Л. Якименко, Л.Г. Шевченко. — Біла Церква, 2006. — 34 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ ВО ВРЕМЯ СОЗДАНИЯ РЕЦЕПТУР АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

**Н.П. Головки, Н.М. Пенкина, В.В. Колесник, В.В. Полупан**

*Харьковский государственный университет питания и торговли*

*В статье обоснована необходимость предварительного использования расчетных методов при создании качественных алкогольных напитков. Доказана возможность использования метода априорного ранжирования факторов для создания оптимальных рецептур настоек на основании результатов анкетирования специалистов экспертов. Исследованы результаты ранжирования. Приведены результаты математических расчетов по определению согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации. Построена средняя априорная диаграмма рангов и определены приоритетные добавки для настоек.*

**Ключевые слова:** *настойки, эксперты, ранжирование факторов, растительное сырье.*

## REFERENCE PROTEIN FORMULA: STAGES OF DEVELOPMENT AND MODERN STANDARDS

V. Makhynko, V. Drobot, I. Sokolovska, L. Chernish

*National University of Food Technologies*

<b>Key words:</b> <i>Amino acids</i> <i>Reference protein</i> <i>Score</i> <i>Biological value</i> <i>FAO</i>	<b>ABSTRACT</b> On the basis of the FAO/WHO experts' recommendations, the changes in the amino acid composition of the reference protein formula for 1957—2011 years was analyzed. It was found that in the modern periodic and educational and scientific literature the outdated reference protein formula (1971) is often used. The data on the recommended content of amino acids in the protein for different age groups of consumers are presented. It is proposed to use the reference protein formula recommended by FAO experts in 2011 (when there is information on the bioavailability of the amount of amino acids), or the formula recommended by FAO/WHO/UNU in 2002 (with the obligatory account of corresponding protein digestibility).
<b>Article history:</b> Received 15.01.2017 Received in revised form 04.02.2017 Accepted 25.02.2017	
<b>Corresponding author:</b> V. Makhynko <b>E-mail:</b> npnuht@ukr.net	

## ФОРМУЛА ЕТАЛОННОГО БІЛКА: ЕТАПИ РОЗРОБЛЕННЯ І СУЧАСНІ НОРМИ

В.М. Махинько, В.І. Дробот, І.О. Соколовська, Л.М. Черниш

*Національний університет харчових технологій*

*На основі вивчення рекомендацій експертів ФАО/ВООЗ у статті проаналізовано зміни в амінокислотному складі формули еталонного білка протягом 1957—2011 років. Встановлено, що у сучасній періодичній і навчально-науковій літературі дуже часто використовують застарілу формулу еталонного білка (1971 р.). Наведено дані щодо рекомендованого вмісту амінокислот у білку для різних вікових груп споживачів. Запропоновано використовувати формулу еталонного білка, рекомендовану експертами ФАО у 2011 р. (за наявності інформації про біологічно доступну кількість амінокислот), або формулу ФАО/ВООЗ/УООН 2002 р. (з обов'язковим урахуванням ступеня засвоюваності відповідного білка).*

**Ключові слова:** амінокислоти, еталонний білок, скор, біологічна цінність, ФАО.

**Постановка проблеми.** Незважаючи на досягнення агропромислового комплексу та здобутки харчової науки, проблема білкового дефіциту раціонів харчування все ще залишається не вирішеною. Особливо це стосується країн



з низьким економічним розвитком. Адже основою харчування їх жителів є переважно вуглеводмісні продукти — овочі (у т.ч. коренеплоди) та зернові культури. Вирішенню цієї проблеми сприятиме підвищене споживання високобілкових тваринних і рослинних продуктів, а також розроблення комбінованих продуктів з підвищеним вмістом білка на основі традиційних раціонів. Саме останній напрям на сьогодні вважається найперспективнішим, оскільки тваринні та рослинні високобілкові продукти мають свої недоліки:

- тваринні можуть містити фармацевтичні засоби чи бути джерелом хвороботворних мікроорганізмів, мають високу вартість, непридатні для людей, що віддають перевагу вегетаріанському харчуванню;

- рослинні містять антипоживні речовини, мають переважно незбалансований амінокислотний склад і знижений ступінь засвоєння білка, зумовлений наявністю клітинних стінок, що погано розщеплюються травними ферментами людини [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Фахівцями різних галузей харчової промисловості проводиться активна робота щодо збагачення білком традиційних харчових продуктів [2—4]. Головне завдання, що має бути при цьому вирішене, — максимальне наближення білкової складової нового продукту до фізіологічно обґрунтованих норм. Міжнародна та вітчизняна наука розробили декілька методів оцінки біологічної цінності білка, однак на сьогодні загальноприйнятим вважається визначення його повноцінності за показником амінокислотного числа (також вживається термін «скор», який є мовною калькою англійського слова «score» — число). Згідно з чинною нормативною документацією [5], розробленою на основі міжнародних рекомендацій, оцінка біологічної цінності білка проводиться шляхом зіставлення амінокислотного складу досліджуваного продукту й еталонного білка. Для цього вміст кожної з незамінних амінокислот в 1 г білка досліджуваного зразка порівнюється з вмістом цієї ж амінокислоти в 1 г еталонного білка за формулою:

$$\text{Амінокислотне число} = \frac{\text{мг амінокислоти в 1 г досліджуваного білка}}{\text{мг амінокислоти в 1 г еталонного білка}}$$

Найчастіше цей показники виражають у відсотках, для чого отримане значення множать на 100. Зважаючи на домінуючий вплив незамінної амінокислоти, що міститься в найменшій кількості (лімітуючої амінокислоти), на ступінь утилізації решти незамінних амінокислот, прийнято вважати, що біологічна цінність білка визначається скором лімітуючої амінокислоти, а також кількістю амінокислот, скор яких менше 100%. Звідси зрозуміло, що правильний вибір еталонного білка має визначальне значення для оцінки харчових раціонів і визначення білкової повноцінності нових продуктів. Тому не дивно, що удосконалення медико-біологічних досліджень, накопичення статистичного матеріалу та розвиток нутриціології зумовлює постійний перегляд амінокислотної формули еталонного білка. Однак проведений нами побіжний огляд літератури показав, що більшість дослідників, на жаль, користуються застарілими даними — переважно ще 1971 р. [6—9]. Винятком можна вважати ґрунтовну статтю, присвячену методам оцінки якості харчових

білків [10], проте вона опублікована у 2013 р., а саме наприкінці цього року експертами ФАО було запропоновано оновлену формулу еталонного білка.

**Мета дослідження:** здійснити огляд формування складу еталонного білка в історичній перспективі та проаналізувати сучасні норми, зважаючи на те, що застаріла формула еталонного білка 1971 р. міститься у нормативній документації, а також беручи до уваги важливість правильного розрахунку показника амінокислотного числа для розроблення збалансованих раціонів харчування,

**Викладення основних результатів дослідження.** Перша група експертів ФАО, що займалася виключно питаннями білкових потреб людей різного віку та фізичної активності, була скликана ще у 1957 році. Вже тоді було визначено, що врахування лише загальної кількості спожитого білка для оцінки повноцінності харчових раціонів є недостатнім, необхідно брати до уваги також біологічну цінність білка та ступінь його засвоєння (утилізації). З урахуванням наявних на той час даних про амінокислотний склад білків різних продуктів і фізіологічних потреб в амінокислотах було запропоновано три моделі ідеального білка — жіноче молоко, коров'яче молоко та яйця. Однак усі експерти зійшлися на думці, що жоден з цих продуктів за фізіологічними потребами людини не відповідає вимогам до еталонного білка, тому слід провести додаткову роботу щодо напрацювання механізмів оцінки біологічної цінності білків. На цьому ж засіданні було запропоновано [11] першу модель еталонного білка (табл. 1).

*Таблиця 1. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО (1957 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	42
Гістидин	—
Ізолейцин	42
Лейцин	48
Лізин	42
Метіонін+цистин	42
Треонін	28
Триптофан	14
Фенілаланін+тирозин	56

У 1966 р. було проведено засідання об'єднаної експертної групи ФАО/ВООЗ, присвячене білковим потребам людини. Залишивши без зміни склад еталонного білка, запропонований у 1957 р., учасники додатково внесли пропозицію [12] оцінювати біологічну цінність харчових продуктів відношенням вмісту кожної з незамінних амінокислот до їх сумарної кількості.

Оскільки члени і першої, і другої експертних груп підкреслювали умовність своїх рекомендацій та необхідність їх подальшого уточнення, в 1971 р. в Римі було скликано Спеціальний об'єднаний комітет експертів ФАО/ВООЗ з енергетичних і білкових потреб людини. Віддавши данину шани роботі своїх попередників, водночас учасники комітету зазначили, що наведені в попередніх рекомендаціях дані потребують суттєвих уточнень. Це стосувалося як методик оцінки біологічної цінності білоквмісних продуктів, так і

складу самого еталонного білка. Зокрема, саме рішенням цього Комітету було рекомендовано використовувати для оцінки якості білка показник його амінокислотного числа. Зважаючи на те, що найдефіцитнішими в раціонах харчування є лізин, сірковмісні амінокислоти (метіонін+цистин) і триптофан, експерти запропонували для прискорення процесу оцінювання якості білка визначати вміст лише цих чотирьох амінокислот і для кожної з них розраховувати амінокислотне число. Також учасниками експертної групи було запропоновано [13] три градації рекомендованого вмісту амінокислот у білку для різних вікових груп (табл. 2).

*Таблиця 2. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (1971 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка		
	Немовлята	Школярі	Дорослі
Валін	47	41	18
Гістидин	14	—	—
Ізолейцин	35	37	18
Лейцин	80	56	25
Лізин	52	75	22
Метіонін+цистин	29	34	24
Треонін	44	44	13
Триптофан	8,5	4,6	6,5
Фенілаланін+тирозин	63	34	25

На основі табл. 2, зважаючи на обмеженість статистичних даних та інформації щодо співвідношення амінокислот, які хімічно визначаються і біологічно засвоюються, експертами запропоновано склад еталонного білка з урахуванням узагальнених потреб дітей дошкільного віку (табл. 3).

*Таблиця 3. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ (1971 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	50
Гістидин	—
Ізолейцин	40
Лейцин	70
Лізин	55
Метіонін+цистин	35
Треонін	40
Триптофан	10
Фенілаланін+тирозин	60

Члени Комітету зазначили, що майже двократне перевищення вмісту амінокислот у пропонованому зразку відносно потреб дорослих людей не є критичним, однак наголосили, що ця формула не може бути використана для оцінки харчового раціону немовлят. Також експерти підкреслили орієнтовний характер цього еталону і вказали на необхідність його коригування в міру накопичення нових експериментально-статистичних даних.

Слід зазначити, що саме ця формула еталонного білка найчастіше зустрічається в опрацьованій нами літературі. Це можна пояснити двома чинниками:

- починаючи з цього засідання, у наступних звітах подібна формула еталонного білка не наводилася у вигляді окремої таблиці, а лише рекомендувалася у тексті підсумкових рішень;

- рішення всіх консультативних зборів ФАО/ВООЗ, починаючи з 1991 р., видавалися лише англійською мовою, що ускладнило ознайомлення з їх пропозиціями широкого загалу зацікавлених науковців.

У 1981 р. відбулися Об'єднані консультативні збори експертів ФАО, ВООЗ та УООН (Університету ООН) на тему «Потреби в енергії та білку». Оскільки за десять років, що минули від попереднього засідання, було зібрано додаткову інформацію як щодо кількості амінокислот у різних харчових раціонах, так і щодо ступеня утилізації білка, то були запропоновані [14] уточнені значення вмісту незамінних амінокислот у білку для різних вікових груп (табл. 4).

*Таблиця 4. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (1981 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка			
	Немовлята	Дошкільнята	Школярі	Дорослі
Валін	55	35	25	13
Гістидин	26	19	19	16
Ізолейцин	46	28	28	13
Лейцин	93	66	44	19
Лізин	66	58	44	16
Метіонін+цистин	42	25	22	17
Треонін	43	34	28	9
Триптофан	17	11	9	5
Фенілаланін+тирозин	72	63	22	19

Вперше у таблицю було додатково внесено дані по гістидину, який до цього вважався лімітуючою амінокислотою лише для немовлят. Також експерти підкреслили необхідність, поряд з визначенням амінокислотного числа кожного білка, враховувати оцінку його засвоюваності (особливо стосовно рослинних продуктів і змішаних раціонів). Як і їхні попередники, для полегшення розрахунків пропонувалося обчислювати амінокислотне число лише для лізину, сірковмісних амінокислот (метіонін+цистин), треоніну і триптофану. Зважаючи на суттєві відхилення в амінокислотних потребах, члени експертних зборів не вважали за потрібне визначати склад єдиного еталонного білка, пропонуючи використовувати для розрахунку амінокислотного числа нормативне значення для відповідної вікової групи.

Паралельно зі згаданими Об'єднаними консультативними зборами в Отаві в 1980 р. почав працювати Комітет з рослинних білків. Провівши кілька засідань (1983, 1984, 1987, 1989 рр.), учасники цього Комітету прийняли рішення, в якому найкращим способом оцінки якості білка визнали визначення його амінокислотного числа з внесенням поправки на ступінь засвоюваності білка чи біодоступність амінокислот. На підсумковому засіданні в 1989 р. члени Комітету схвалили шкали амінокислотних потреб, затверджені експертами ФАО/ВООЗ/УООН в 1981 р., однак зазначили, що доцільніше було б прийняти якісь єдині значення формули еталонного білка, взявши за основу, наприклад, потреби дітей дошкільного віку (2—5 років). Відповідно, Комітет

запропонував зібрати об'єднану групу експертів ФАО/ВООЗ, щоб внести необхідні зміни.

Беручи до уваги пропозиції Комітету з рослинних білків, наприкінці 1989 р. було проведено Консультативні збори експертів ФАО/ВООЗ на тему «Оцінка якості білка». Учасники зборів розглянули міркування та пропозиції попередніх зборів і згаданого Комітету щодо методів визначення біологічної цінності білка. Вони визнали, що класичний метод оцінки білкової складової харчування за допомогою лабораторних досліджень на щурах може давати недостовірні дані щодо задоволення людських потреб, у той же час проведення масштабних досліджень на людях є недоцільним як з етичної, так і з економічної точки зору. Тому метод визначення амінокислотного числа білка (з урахуванням його засвоюваності та/або біодоступності амінокислот) визнали найперспективнішим щодо оцінки білкової складової раціонів харчування. Зважаючи на результати наукових досліджень і беручи до уваги, що норми амінокислот для дітей задовольняють потреби дорослих, але не навпаки, було прийнято рішення [15] рекомендувати як склад еталонного білка амінокислотні потреби дітей дошкільного віку, запропоновані Об'єднаними консультативними зборами експертів ФАО/ВООЗ/УООН у 1981 р. (табл. 5). Додатково наголошувалося на необхідності обов'язково множити отримане число на коефіцієнт засвоюваності відповідного білка.

*Таблиця 5. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ (1989 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	35
Гістидин	19
Ізолейцин	28
Лейцин	66
Лізин	58
Метіонін+цистин	25
Треонін	34
Триптофан	11
Фенілаланін+тирозин	63

Наступні консультативні збори експертів ФАО/ВООЗ/УООН на тему «Білкові та амінокислотні норми в харчуванні людини» відбулися у квітні 2002 року. Зазначивши, що наукові знання та експериментальні дослідження (насамперед широке використання ізотопного методу) спричинили значний поступ у розвитку науки про харчування, члени комісії запропонували значно збільшити нормативну кількість амінокислот у білку для дорослого населення. Передусім це пояснювалося тим, що всі попередні експертні групи брали до уваги дані лише «ідеальних» чоловіка і жінки без урахування впливу можливих інфекційних захворювань, нервового та фізичного виснаження. Визнаючи складність оцінки якості білка, експерти все ж запропонували [16] значення орієнтовного вмісту незамінних амінокислот в білку для різних вікових груп, пропонуючи розраховувати їх як результат ділення норми відповідної амінокислоти на вказану у відповідній постанові зборів норму безпечного споживання білка (табл. 6).

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

*Таблиця 6. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (2002 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка					
	Немовлята	1—2 роки	3—10	11—14	15—18	понад 18
Валін	43	42	40	40	40	39
Гістидин	20	18	16	16	16	15
Ізолейцин	32	31	31	30	30	30
Лейцин	66	63	61	60	60	59
Лізин	57	52	48	48	47	45
Метіонін+цистин	28	26	24	23	23	22
Треонін	31	27	25	25	24	23
Триптофан	8,5	7,4	6,6	6,5	6,3	6,0
Фенілаланін+тирозин	52	46	41	41	40	38

Для полегшення розрахунків експерти рекомендували для всіх груп споживачів віком від 2 років використовувати єдину формулу еталонного білка, прийнявши за основу амінокислотні потреби дітей віком 3—10 років (табл. 7).

*Таблиця 7. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ/УООН (2002 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	40
Гістидин	16
Ізолейцин	31
Лейцин	61
Лізин	48
Метіонін+цистин	24
Треонін	25
Триптофан	6,6
Фенілаланін+тирозин	41

У квітні 2011 р. було скликано останні на сьогодні Консультативні збори експертів ФАО, присвячені темі оцінки якості білка в харчуванні людини. Зважаючи на зростання кількості населення планети та обмеженість продовольчих ресурсів, одним із основних завдань цих зборів було визначено якомога точніше з'ясувати кількісні та якісні характеристики білка, необхідні для задоволення життєвих потреб людини [17]. Після опрацювання експериментальних даних і літературних джерел експерти внесли певні зміни у склад затвердженого попередніми зборами еталонного білка (табл. 8).

*Таблиця 8. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО (2011 р.)*

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	40
Гістидин	16
Ізолейцин	30
Лейцин	61
Лізин	48
Метіонін+цистин	23
Треонін	25
Триптофан	6,6
Фенілаланін+тирозин	41

Однак при цьому підкреслювалося, що в чисельник формули розрахунку амінокислотного числа слід підставляти не хімічно визначену в певному харчовому продукті чи раціоні кількість амінокислоти, а кількість її біологічно засвоюваної форми. Оскільки масив подібних даних ще відсутній, експерти наголосили на необхідності щонайскорішого початку роботи в цьому напрямку з залученням фахівців різних країн.

### **Висновки**

Зважаючи на вказані в статті дані, вважаємо за доцільне рекомендувати для оцінки біологічної цінності продуктів і раціонів використовувати формулу еталонного білка, наведену в табл. 7, з обов'язковим урахування ступеня засвоюваності відповідних білків [16]. З часом, коли науковцями буде визначено кількість біологічно доступних амінокислот у різних харчових продуктах і змішаних раціонах, варто використовувати як еталон склад білка, рекомендований ФАО у 2011 р. ( табл. 8).

### **Література**

1. Повноцінне харчування : інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу : кол. моногр. / за ред. В.В. Євлаш, В.О. Потапова, Н.Л. Савицької ; Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Харків : ХДУХТ, 2015 — 580 с.
2. *Simakhina G.* New non-traditional sources of food protein / Galina Simakhina, Nataliia Naumenko, Kateryna Yarosh // *Ukrainian Food Journal*. — 2015. — Vol. 4. Issue 3. — P. 453—459.
3. *Москалюк О.Є.* Інноваційний м'ясний продукт / О.Є. Москалюк, О.І. Гашук, Л.В. Пешук // *Харчова промисловість*. — Київ : НУХТ. — 2016. — № 17. — С. 64—67.
4. *Рашевська Т.А.* Полікомпотентна масляна паста з комплексом рослинних добавок гепатопротекторного призначення / Т.А. Рашевська, Ю.А. Ковтун // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. — 2014. — Т. 20, № 3. — С. 214—222.
5. Методичні вказівки «Медико-біологічна оцінка нетрадиційної продовольчої сировини і нових харчових продуктів»: наказ МОЗ України від 09 липня 1997 року № 204 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=824>.
6. *Диетология. 4-е изд.* / Под ред. А. Ю. Барановского. — СПб.: Питер, 2013. — 1024 с.
7. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології [Текст] : підручник / Л.В. Капрельянц, А.П. Петросьянц. — Одеса : Друк, 2011. — 269 с.
8. *Научные ответы на вызовы современности: техника и технологии : монография.* В 2 кн. — Кн. 2. — Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2016. — 189 с.
9. *Энциклопедия питания [Текст]: В 10 т. Т. 1—2: Организм человека и питание. Нутриенты пищевых продуктов / В.Г. Горбань, Н.В. Дуденко, М.Б. Колесникова, А.И. Мглинец ; под ред. А.И. Черевко, В.М. Михайлова.* — Харьков : Мир Книг, 2013. — 353 с.
10. *Молчанова Е.Н.* Оценка качества и значение пищевых белков / Е.Н. Молчанова, Г.М. Сусянок // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2013. — № 1. — С. 16—22.
11. *FAO Committee on Protein Requirements. Nutrition Studies № 16.* — Rome: FAO, 1958.
12. *Потребности в белке. Доклад объединенной экспертной группы ФАО/ВОЗ (Серия технических докладов, № 301).* — Женева : ВОЗ, 1966. — 90 с.
13. *Энергетические и белковые потребности: доклад Специального объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ (Серия докладов совещаний ФАО по питанию, № 52; Серия технических докладов, № 522); пер. на рус.* — Москва : Медицина, 1974. — 144 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92451/1/-WHO\\_TRS\\_522\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92451/1/-WHO_TRS_522_rus.pdf).
14. *Потребности в энергии и белке: доклад Объединенного консультативного совещания экспертов ФАО, ВОЗ и УООН (Серия технических докладов, № 724); пер. на рус.* —

Москва : Медицина, 1987. — 144 с. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90561/1/WHO\\_TRS\\_724\\_part1\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90561/1/WHO_TRS_724_part1_rus.pdf) (ч. 1); [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90562/1/WHO\\_TRS\\_724\\_part2\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90562/1/WHO_TRS_724_part2_rus.pdf) (ч. 2).

15. Protein quality evaluation: report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. — Rome : FAO, 1991. — 66 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38133/1/9251030979\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38133/1/9251030979_eng.pdf).

16. 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. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [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).

17. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. — Rome : FAO, 2013. — 66 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

### **ФОРМУЛА ЭТАЛОННОГО БЕЛКА: ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ И СОВРЕМЕННЫЕ НОРМЫ**

**В.Н. Махинько, В.И. Дробот, И.А. Соколовская, Л.Н. Черныш**

*Национальный университет пищевых технологий*

*На основе изучения рекомендаций экспертов ФАО/ВОЗ в статье проанализированы изменения в аминокислотном составе формулы эталонного белка в течение 1957—2011 годов. Установлено, что в современной периодической и учебно-научной литературе очень часто используют устаревшую формулу эталонного белка (1971 г.). Приведены данные по рекомендованному содержанию аминокислот в белке для разных возрастных групп потребителей. Предлагается использовать формулу эталонного белка, рекомендованную экспертами ФАО в 2011 г. (при наличии информации о биологически доступном количестве аминокислот), или формулу ФАО/ВОЗ/УООН 2002 г. (с обязательным учетом степени усвояемости соответствующего белка).*

**Ключевые слова:** аминокислоты, эталонный белок, скор, биологическая ценность, ФАО.



УДК 637.08

## DEFINING THE STANDARD PARAMETERS OF FUNCTIONAL FOOD QUALITY AND SAFETY

O. Zhulinska, K. Svidlo, B. Polovin

*Kharkov Institute of Trade and Economics of KNUTE*

---

**Key words:**

*Functional foods  
Quality and safety control  
Analytic hierarchy  
process  
HACCP (Hazard Analysis  
and Critical Control  
Point)  
Integrated system  
Comparative  
characteristics*

**ABSTRACT**

The article concentrates on the application of the analytic hierarchy process for determining the parameters of quality and safety of functional food. Using an integrated system of solving mathematical, engineering and scientific tasks the consecutive application of this method was conducted on the example of comparative estimates of integrated indicators of quality that allows to develop normative parameters of quality and safety, as well as rules that would oblige manufacturers to label the products having the status of functional ones.

---

**Article history:**

Received 19.01.2017

Received in revised form

16.02.2017

Accepted 28.02.2017

---

**Corresponding author:**

O. Zhulinska

**E-mail:**

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

---

## ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О.В. Жулінська, К.В. Свідло, Б.А. Половін

*Харківський торговельно-економічний інститут КНТЕУ*

*Стаття присвячена застосуванню методу аналізу ієрархій для визначення параметрів якості та безпечності функціональних харчових продуктів. З використанням інтегрованої системи розв'язання математичних, інженерно-технічних і наукових задач проведено послідовне використання даної методики на прикладі порівнювальних оцінок комплексних показників якості, що дає змогу розробити нормативні параметри якості та безпечності, а також норми, які б зобов'язували виробників відповідно маркувати харчові продукти, що мають статус функціональних.*

**Ключові слова:** *функціональні харчові продукти, управління якістю та безпечністю, метод аналізу ієрархій, HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), інтегрована система, порівнювальні характеристики.*

**Постановка проблеми.** У зв'язку із зростанням обсягів споживання та насиченістю ринку функціональними продуктами харчування, гострою проблемою залишається надходження в торговельну мережу значної кількості неякісних, фальсифікованих і небезпечних для здоров'я продуктів [1]. Останніми роками проводиться робота щодо створення сучасної системи контролю за безпечністю та якістю функціональної продукції, ринкового нагляду, адаптованих до вимог Світової організації торгівлі (СОТ) і Європейського Союзу (ЄС).

В узагальненому вигляді оцінку стану продовольчої безпеки можна визначити трьома групами критеріїв: фізичної доступності продовольства, економічної доступності продовольства, безпекою продовольчих товарів для споживачів. Аналіз індикатора достатності споживання окремих функціональних харчових продуктів (ФХП) свідчить, що фактичне споживання більшості видів продовольства останнім часом нижче за раціональні норми [2].

Реформування системи регулювання безпечності харчових продуктів в Україні задля її гармонізації з аналогічною системою ЄС з урахуванням кращого міжнародного досвіду — це складна робота, яка, водночас, є стратегічно важливою для розвитку та процвітання країни, що має серйозні конкурентні переваги в аграрній галузі. Вона потребуватиме значної політичної підтримки для запровадження глибоких структурних реформ у правовій, регуляторній та інституційній сферах, а також в інфраструктурі, відмови від застарілих обов'язкових стандартів продукції та гармонізації системи технічного регулювання із нормами СОТ [3].

Зважаючи на вищезазначене, необхідне вдосконалення нормативно-правової бази, яка регулює питання параметрів якості та безпечності ФХП; продовження гармонізації міжнародних стандартів, особливо на методі контролю показників якості і безпеки продукції; забезпечення відповідності технічних умов чинним законодавчим нормам і стандартам; врахування показників якості та безпечності харчових продуктів при обґрунтуванні системи індикаторів продовольчої безпеки. Проблема якості і безпечності ФХП реально існує. Її вирішення має комплексний характер, потребує врахування галузевих особливостей формування якості на всіх етапах виробництва сільськогосподарської продукції, її перероблення, зберігання, транспортування і реалізації готової продукції. Важливою умовою гарантування продовольчої безпеки є активізація впровадження систем управління якістю і безпечністю функціональної продукції та їх сертифікація на підприємствах харчової промисловості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методика, що пропонується, синтезована на основі методу аналізу ієрархій (МАІ), який розроблений американським вченим Т. Сааті [6]. Головна позитивна риса МАІ полягає в тому, що він враховує взаємний вплив оцінюваних параметрів і надає можливість узгодити вплив одного параметра з усіма іншими, отримати найбільш повне вирішення поставленого завдання. Метод аналізу ієрархій — систематична процедура ієрархічного зображення елементів, що узагальнено визначають суть будь-якої проблеми. МАІ містить процедури синтезу множини висновків визначення пріоритетності показників і знаходження

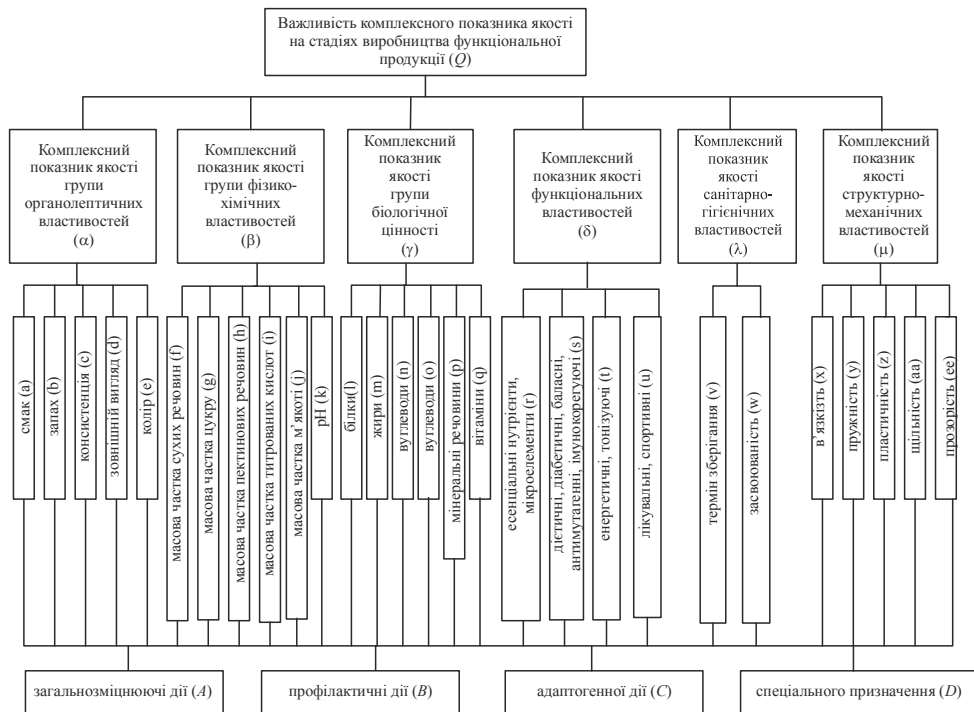
альтернативних рішень. Метод добре зарекомендував себе при оцінці конкурентоспроможності продукції, нерухомості, документообігу тощо.

Наукова новизна полягає в тому, що метод аналізу ієрархій широко використовується в маркетингу та менеджменті для обґрунтування й прийняття рішень, але у запропонованому дослідженні цей метод застосовується для визначення комплексного показника якості функціональних харчових продуктів.

**Метою дослідження** є визначення оцінки важливості комплексного показника якості на стадіях виробництва функціональної продукції.

**Виклад основних результатів дослідження.** Для визначення оцінки важливості комплексного показника якості на стадіях виробництва функціональної продукції пропонується використовувати метод аналізу ієрархій, який дає змогу кількісно визначити порівняльну важливість критеріїв і субкритеріїв комплексного показника якості функціональних продуктів (КПЯФП).

На основі безлічі критеріїв оцінювання КПЯ розроблена ієрархічна модель, зображена у вигляді схеми на рис. 1, яка наочно відображає ієрархію системи критеріїв, що характеризують важливість комплексного показника якості на стадіях виробництва функціональної продукції. За її допомогою можливо комплексно оцінити ступінь важливості показників якості стосовно функціональності продуктів харчування.



**Рис. 1. Схема важливості комплексного показника якості на стадіях виробництва функціональної продукції**

У розробленій моделі виділені два ієрархічних рівні важливості критеріїв стосовно глобального критерію і позначені зв'язки між ними: зв'язки альтер-

натив з критеріями другого рівня, зв'язки критеріїв другого рівня з критеріями першого рівня. Останні об'єднуються в глобальний критерій.

У моделі використовуються такі критерії і альтернативи:

1. Глобальний критерій (важливість комплексного показника якості на стадіях виробництва функціональної продукції) —  $Q$ .

2. Критерії першого рівня (основні комплексні показники різних властивостей продукту, які складають повноцінну важливість комплексного показника якості нарізних стадіях виробництва функціональних продуктів):  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu$ .

3. Критерії другого рівня (основні фактори, що складають комплексні показники різних властивостей продукту і надають альтернативу вибору підприємствам промислового виробництва критеріїв кількісного складу повноцінного КПЯ для різної функціональності):  $a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z$ .

4. Як альтернативи розглядаються основні типи функціональної продукції, виділені на рис. 2, які будуть оцінюватися експертним шляхом за ступенем впливу на основні фактори, з яких складаються КПЯ:  $A$  — загальнозміцнюючої дії;  $B$  — профілактичної дії;  $C$  — адаптогенної дії;  $D$  — спеціального призначення.

При цьому типи функціональної продукції, що чинять найбільший вплив на перелічені критерії, найбільш важливі для забезпечення визначення комплексного показника якості. Для проведення суб'єктивних парних порівнянь розроблена шкала відносної важливості (ступінь значення дій) [7]. Для критеріїв першого рівня:  $G(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu)_Q$  — матриця попарних рівнянь першого рівня  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu$  відносно глобального критерію  $Q$ .

Для критеріїв другого рівня:  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\alpha$ ;  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\beta$ ;  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\gamma$ ;  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\delta$ ;  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\lambda$ ;  $G(\text{abcdefghijklmnopqrstuvwxy})_\mu$ .

Далі проводимо перехід від матриць попарних порівнянь проміжних критеріїв до векторів пріоритетів. Для кожної матриці попарних порівнянь  $[S]$  обчислюється вектор пріоритетів (як вектори пріоритетів використовуються нормовані власні вектори матриць). Ранжування елементів, що аналізуються з використанням матриці парних порівнянь  $[S]$ , здійснюється на підставі нормованих власних векторів, які отримуються в результаті обробки матриць [7]. Обчислення нормованого власного вектора  $W$  позитивної квадратної матриці  $[S]$  проводиться на підставі рівняння:

$$SW = \lambda_{\max} W, \quad (1)$$

де  $\lambda_{\max}$  — максимальне власне значення матриці  $[S]$ .

Для позитивної квадратної матриці  $[S]$  правий власний вектор  $W$  відповідає максимальному власному значенню  $\lambda_{\max}$  з точністю до постійного співмножника,  $C$  можна обчислити за формулою:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{[S]^k e}{e^T [S]^k e} = CW, \quad (2)$$

де  $e = \{1, 1, 1, \dots, 1\}^T$  — одиничний вектор;  $k = 1, 2, 3, \dots$  — показник ступеня;  $C$  — константа;  $T$  — знак транспонування.

Обчислення власного вектора  $W$  згідно з виразом (2) проводяться до досягнення заданої точності:

$$e^T |W^{(l)} - W^{(l+1)}| \leq \xi, \quad (3)$$

де  $l$  — номер ітерації такий, що  $l = 1$  відповідає  $k = 1$  тощо;  $\xi$  — допустима похибка. З достатньою для практики точністю можна прийняти  $\xi = 0,01$  незалежно від порядку матриці.

Максимальне власне значення обчислюється за формулою:

$$\lambda_{\max} = e^T [S]W. \quad (4)$$

Для критеріїв першого рівня:  $G_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)Q} \rightarrow W_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)}$ , де  $W_{(\alpha\beta\gamma\delta\lambda\mu)}$  — вектор пріоритетів критеріїв першого рівня  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \mu$  відносно глобального критерію  $Q$ . Для критеріїв другого рівня:  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)z}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\alpha}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\beta}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\gamma}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\delta}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\lambda}$ ;  $W_{(abcdefghijklmnopqrstuvwxy)\mu}$ .

Далі перевіряється якість матриць попарних порівнянь  $[S]$ , тобто обчислюється індекс узгодженості. Помилки експертів при формуванні матриць попарних рівнянь впливають на ступінь узгодженості цих матриць. Чим більше помилок, тим гірша узгодженість. Облік цього надає можливість перевіряти якість матриць попарних рівнянь за допомогою відношення узгодженості ( $CR$ ). Чим більше  $CR$ , тим більше помилок.

Узгодженість суджень оцінюється індексом узгодженості ( $CI$ ) або відношенням узгодженості ( $CR$ ) за такими виразами:

$$CI = \frac{l_{\max} - m}{m - 1}; \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{CIS}, \quad (6)$$

де  $m$  — порядок матриці попарних порівнянь;  $CIS$  — середнє значення (математичне очікування) індексу узгодженості, випадковим чином складеної матриці попарних порівнянь  $[S]$ , яке базується на експериментальних даних (табл. 1). Як допустиме використовується значення  $CR \leq 0,10$ . Якщо для матриці парних рівнянь відношення узгодженості  $CR \leq 0,10$ , то це свідчить про істотне порушення логічності суджень, допущених експертом при заповненні матриці.

Таблиця 1. Середнє значення індексу узгодженості ( $CIS$ )

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8
$CRS$	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
$m$	9	10	11	12	13	14	15	—
$CRS$	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59	—

Експерту пропонується переглянути дані, використані для побудови матриці, щоб покращити однорідність. Проводяться збір і обробка необхід-

них для розрахунків експертних даних. Згідно з існуючими рекомендаціями, група експертів не повинна перевищувати 20 осіб [8].

В експертному опитуванні брали участь чотири завідувачі промисловим виробництвом, чотири інженери-технологи і два спеціалісти з великим стажем роботи. Відбір експертів здійснювався на основі компетентності, відсутності особистої зацікавленості в результаті експертизи, креативності (широти знань). Після вибору експертів їм запропоновано заповнити анкету, в якій надана текстова частина, що пояснює правила експертизи, квадратні матриці попарних рівнянь відповідно до наданої ієрархічної моделі важливості показників якості щодо функціональності харчових продуктів. Для обробки експертних даних використовувався метод усереднення значень оцінок експертів по кожній з пар порівнюваних критеріїв, тобто знаходилося геометричне середнє для набору експертних оцінок, що відносяться до однієї і тієї ж пари критеріїв, обчислених таким чином:

$$a_{ij}^G = \sqrt[n]{a_{ij}^1 a_{ij}^2 \dots a_{ij}^n} . \quad (7)$$

Математична модель розрахунків за розробленою методикою реалізована у вигляді комп'ютерної програми у середовищі MathCAD. Результати розрахунків згідно з моделлю представлені в табл. 2.

Розрахунок індексів узгодженості та відношень узгодженості свідчить про дотримання логічності суджень при заповненні матриць попарних порівнянь. Отримані значення векторів  $W_{(s_j^S)}$  використовуються при визначенні векторів пріоритетів альтернатив відносно всіх елементів ієрархії. Обчислення векторів пріоритетів альтернатив проводиться за формулою:

$$W_{s_j^G} = \left[ W_{s_1^{i-1}}^G, W_{s_2^{i-1}}^G, \dots, W_{s_m^{i-1}}^G \right] W_{s_j^{i-1}}^S, \quad (8)$$

де  $W_{s_j^G}$  — вектор пріоритетів альтернатив відносно елемента  $S_1^{i-1}$ , що визначає  $j$ -й стовпець матриці;  $W_{s_j^{i-1}}^S$  — вектор пріоритетів елементів  $S_1^{(i-1)}, \dots, S_n^{(i-1)}$ , пов'язаних з елементом  $S_j^i$  верхнього рівня ієрархії.

Таблиця 2. **Важливість КПЯ** (нормований власний вектор)

Групи властивостей показників	Нормований власний вектор, W
1	2
Комплексний показник якості групи органолептичних властивостей	
Консистенція	0,140
Зовнішній вигляд	0,343
Запах	0,260
Смак	0,226
Колір	0,031
Комплексний показник якості групи фізико-хімічних властивостей	
Масова частка сухих речовин	0,177
Масова частка цукру	0,052

1	2
Масова частка пектинових речовин	0,073
Масова частка титрованих кислот	0,102
Масова частка м'якоті	0,390
pH	0,206
Комплексний показник якості групи біологічної цінності	
Білки	0,601
Жири	0,054
Вуглеводи	0,091
Мінеральні речовини	0,161
Вітаміни	0,094
Комплексний показник загальної функціональності	
Есенціальні нутрієнти і мікроелементи	0,141
Дієтичні, діабетичні, баластні	0,141
Енергетичні, тонізуючі, заспокійливі	0,455
Лікувальні, спортивні	0,263
Комплексний показник якості структурно-механічних властивостей	
В'язкість	0,351
Пружність	0,095
Пластичність	0,068
Щільність	0,185
Прозорість	0,302
Комплексний показник якості санітарно-гігієнічних властивостей	
Мікробіологічні показники	0,750
Засвоєваність	0,250

Отримані значення векторів  $W_{(S_j^S)}$  використовуються при визначенні векторів пріоритетів альтернатив відносно всіх елементів ієрархії. Загальний вигляд виразу для обчислення векторів пріоритетів альтернатив визначається за формулою:

$$W_{S_j^G} = \left[ W_{S_1^{i-1}}^G, W_{S_2^{i-1}}^G, \dots, W_{S_m^{i-1}}^G \right] W_{S_j^{i-1}}^S, \quad (8)$$

де  $W_{S_j^G}$  — вектор пріоритетів альтернатив відносно елемента  $S_1^{i-1}$ , що визначає  $j$ -й стовпець матриці;  $W_{S_j^{i-1}}^S$  — вектор пріоритетів елементів  $S_1^{(i-1)}, \dots, S_n^{(i-1)}$ , пов'язаних з елементом  $S_j^i$  верхнього рівня ієрархії.

Розширимо процедуру оцінки узгодженості на всю ієрархію. Основна мета такого розширення — оцінити загальну неузгодженість інформації по всій ієрархічній моделі, зумовлену накопиченням похибки, пов'язаної з неузгодженими показниками локальних суджень.

Поняття глобального індексу узгодженості визначається як сума всіх наявних індексів узгодженості, при цьому кожен з них зважується глобальним пріоритетом елемента ієрархії, для якого він був розрахований.

Якщо позначити індекс узгодженості, розрахований для елемента  $h_j^k$ , де  $(k = 1, \dots, N-1; j = 1, \dots, pk)$ , через  $CI_j^k$ , а вектор таких індексів елементів

$k$ -ого рівня — через  $CI^k$ , то глобальний індекс узгодженості визначається за формулою:

$$C = CI^0 + \sum_{k=1}^{N-1} W^{0,k} CI^k . \quad (9)$$

Аналогічним чином розраховується середнє значення глобального індексу узгодженості як випадкової величини:

$$CS = CIS^0 + \sum_{k=1}^{N-1} W^{0,k} CIS^k . \quad (10)$$

Відношення узгодженості визначається за формулою:

$$CR = \frac{C}{CS} . \quad (11)$$

Ієрархія вважається погодженою, якщо значення  $CR$  не перевищує рівня 0,1. За результатами розрахунку підсумкового вектора пріоритету можна зробити висновок, що найбільшу важливість з точки зору розглянутих критеріїв мають функціональні продукти загальнозміцнюючої дії (табл. 3).

**Таблиця 3. Важливість груп функціональності щодо нормативних параметрів якості і безпеки** (нормований власний вектор)

Групи функціональності	Нормований власний вектор, $W$
Загальнозміцнюючої дії	0,530
Спеціального призначення	0,275
Профілактичної дії	0,080
Адаптогенної дії	0,114

### **Висновки**

Отже, насамперед необхідно збільшувати обсяги виробництва харчових продуктів загальнозміцнюючої дії відносно розробки нормативних параметрів якості та безпечності, які можуть значно вплинути на розвиток функціональної продукції в Україні.

Метод аналізу ієрархій являє собою досить якісну процедуру для знаходження вагових коефіцієнтів процесів, які використовуються при розрахунку інтегрального комплексного показника якості функціональної продукції. Визначення основних параметрів якості та безпечності харчових продуктів дає змогу отримати найбільш об'єктивне і достовірне значення інтегрального показника результативності комплексного показника якості, що сприяє прийняттю раціональних рішень на стадіях виробництва функціональної продукції. Застосування апарату МАІ надає можливість врахувати у виборі всі нормативні параметри якості та безпечності харчових продуктів, визначити напрями інноваційного процесу структурування показників у вигляді цілісної ієрархії. При цьому виробництво продукції функціонального призначення забезпечує можливість цілеспрямовано підвищувати рівень визначення типу функціональності на основі узгоджених комплексних показників якості та їх критеріїв.



### Література

1. Сердюк А.М. Еколого-гігієнічні проблеми харчування // Журнал Академії медичних наук України. — 2002. — Т. 8, № 4. — С. 677—684.
2. Пересічний М.І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення / М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко // Монографія. — Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. — 718 с.
3. Євстрат Д.І. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки маркетингової активності торговельних підприємств // Математичні методи та моделі в економіці. — 2012. — № 2. — С. 66—71.
4. Аминова И.Я. Кондитерские изделия функционального назначения с добавлением овсяной муки / И.Я. Аминова, М.Ю. Тамова, В.К. Кочетов // Известия вузов. Пищ. Технология. — 2010. — № 1. — С. 121—122.
5. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: Навчальний посібник / І.В. Сирохман — Київ : Центр учбової літератури, 2009. — 543 с.
6. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, С. Кери ; [пер. с англ.]. — Москва : «Радио и связь», 1991. — 222 с.
7. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] : учеб. пособие / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — Москва : Финансы и статистика, 2001. — 359 с.
8. Евланов Л.Г. Экспертные оценки в управлении [Текст] : учебник / Л.Г. Евланов, В.А. Кутузов. — Москва : Экономика, 1978. — 129 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

О.В. Жулинская, К.В. Свидло, Б.А. Половин

*Харьковский торгово-экономический институт КНТЭУ*

*Статья посвящена применению метода анализа иерархий для определения параметров качества и безопасности функциональных пищевых продуктов. С применением интегрированной системы решения математических, инженерно-технических и научных задач проведено последовательное использование данной методики на примере сравнительных оценок комплексных показателей качества, что позволяет разработать нормативные параметры качества и безопасности, а также нормы, которые бы обязывали производителей соответственно маркировать пищевые продукты, имеющие статус функциональных.*

**Ключевые слова:** функциональные пищевые продукты, управления качеством и безопасностью, метод анализа иерархий, НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point), интегрированная система, сравнительные характеристики.

## USE OF PROTEIN PRODUCTION FILLERS IN SMOKED SAUSAGES

A. Ukrayinets, V. Pasichnyi, O. Moroz, I. Nevodyuk

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Connective tissue protein stabilizer  
Biological value  
Functional and technological parameters  
“Bilkozyn”  
Accessibility of fermentation*

---

**ABSTRACT**

The combination of meat and animal proteins provides great opportunities for the creation of high-quality food. The full-fledged animal proteins are much better than vegetable ones according to biological value properties. Increasing the part of animal origin protein in the composition of sausages allows to increase the water-binding power value. The results confirm the stabilization of functional and technological parameters of ground meat using protein supplements based on animal protein “Bilkozyn”.

---

**Article history:**

Received 04.01.2017

Received in revised form

19.01.2017

Accepted 15.02.2017

---

**Corresponding author:**

V. Pasichnyi

**E-mail:**

Pasww1@ukr.net

---

## ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВИХ НАПОВНЮВАЧІВ У ВИРОБНИЦТВІ НАПІВКОПЧЕНИХ КОВБАС

А.І. Українець, В.М. Пасічний, О.О. Мороз, І.В. Неводюк

Національний університет харчових технологій

*Комбінування м'яса і тваринних білків з урахуванням принципів харчової комбінаторики розширює можливості для створення якісних продуктів харчування цільового призначення. Повноцінні тваринні білки значно кращі за рослинні за біологічною цінністю. Збільшення частки білка тваринного походження в складі ковбасних виробів дає змогу суттєво підвищити значення вологозв'язуючої здатності. Отримані результати підтверджують ефективність стабілізації функціонально-технологічних показників фаршів і збалансованості амінокислотного складу та рівня доступності протеолітичним ферментам при використанні білкового стабілізатора на основі тваринного яловичого білка «Білкозин» з урахуванням кількісних співвідношень рецептурних складових.*

**Ключові слова:** *сполучнотканинний білок, стабілізатор, біологічна цінність, функціонально-технологічні показники, «Білкозин», доступність ферментації.*

**Постановка проблеми.** Важливим завданням м'ясної промисловості є забезпечення населення повноцінними харчовими продуктами. Вирішення цього завдання полягає у розробці раціональних і ефективних способів переробки сировинних ресурсів. У м'ясопереробній промисловості серед усіх видів вторинної сировини перше місце займає колагенвмісна сировина.

Колаген — один із найбільш корисних і багатофункціональних білків у житті людини. Здатність до біологічного розпаду колагену, дуже низька його антигенність забезпечують високу біологічну сумісність і дають змогу віднести колаген до незамінних медико-біологічних речовин [1; 3; 5].

Зростання інтересу до колагенвмісної сировини зумовлене можливістю раціоналізації використання ресурсів м'ясної промисловості, тому актуальною є розробка технологій м'ясних виробів на основі колагенових білків, які надають можливість зменшити вартість готових виробів і задовольнити потребу організму людини в есенціальних амінокислотах [2; 4; 5; 6].

Якість колагенового білка визначається не тільки харчовою та біологічною цінністю, але і його функціонально-технологічними властивостями. Серед ФТВ основними є розчинність, яка визначає гелеутворюючі і поверхнево-активні властивості білка, тобто емульгуючу здатність, піноутворення, адгезію, когезію, здатність зв'язувати й утримувати вологу та жирутримуюча здатність.

**Мета дослідження:** удосконалення технології виробництва напівкопчених ковбасних виробів з використанням білкової добавки на основі високофункціонального колагенового яловичого білка «Білкозин».

**Матеріали і методи.** Матеріалом дослідження було м'ясо курчат-бройлерів промислової відгодівлі, свинина нежирна, яловичина I категорії, колагеновий білок у складі м'ясних ковбасних виробів з м'яса птиці, модельні фарші, тваринний білок «Білкозин». Для дослідження хіміко-технологічних показників основної сировини та готових виробів використовували традиційні методики визначення вмісту вологи, визначення вмісту жиру, визначення рН, визначення органолептичної оцінки, визначення вологозв'язуючої здатності (ВЗЗа).

**Результати і обговорення.** Склад розроблених модельних рецептур ковбасних виробів з м'яса птиці, свинини нежирної та яловичини I категорії наведено у табл. 1.

*Таблиця 1. Склад рецептур модельних фаршів*

Рецептурні складові	Вміст рецептурних складових за варіантами рецептур, %											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
М'ясо курчат бройлерів	80	70	60	50	—	—	—	—	—	—	—	—
Свинина нежирна	—	—	—	—	80	70	60	50	—	—	—	—
Яловичина I категорії	—	—	—	—	—	—	—	—	80	70	60	50
Білковий стабілізатор з тваринного білка «Білкозин»	—	10	20	30	—	10	20	30	—	10	20	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Шпик хребтовий	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Сіль	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Нітрит натрію	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Перець чорний	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Наступним етапом досліджень було визначення хіміко-технологічних показників фаршів. У табл. 2 представлено значення хіміко-технологічних показників модельних фаршів, виготовлених за рецептурами, наведеними в табл. 1.

*Таблиця 2. Хіміко-технологічні показники фаршів*

Зразок	pH	Вміст вологи, %	ВЗЗ <sub>а</sub> , %	Вміст жиру, %
№1	6,65	67,1 ± 2,5	74,1 ± 0,48	7,83 ± 0,11
№2	6,65	68,0 ± 2,7	75,2 ± 0,55	5,86 ± 0,15
№3	6,75	70,1 ± 2,4	77,6 ± 0,52	5,54 ± 0,12
№4	6,85	70,5 ± 2,9	78,6 ± 0,61	5,35 ± 0,16
№5	6,65	69,5 ± 3,3	74,8 ± 0,6	8,28 ± 0,13
№6	6,6	70,0 ± 3,1	78,1 ± 0,57	7,97 ± 0,12
№7	6,65	71,7 ± 2,1	77,9 ± 0,54	7,64 ± 0,17
№8	6,75	72,0 ± 2,2	82,3 ± 0,51	7,17 ± 0,15
№9	6,2	66,6 ± 3,4	66,8 ± 0,62	8,92 ± 0,19
№10	6,1	70,8 ± 2,5	69,4 ± 0,66	8,64 ± 0,16
№11	6,4	71,4 ± 2,3	73,0 ± 0,58	8,17 ± 0,18
№12	6,5	72,5 ± 2,1	80,7 ± 0,53	7,85 ± 0,17

З даних табл. 2 видно, що збільшення в складі рецептур частки білкового стабілізатора на основі тваринного білка «Білкозин» призводить до підвищення значень ВЗЗ<sub>а</sub>. Отримані результати підтверджують ефективність стабілізації функціонально-технологічних показників фаршів при використанні білкового стабілізатора на основі тваринного білка «Білкозин».

У табл. 3 представлено значення хіміко-технологічних показників напівкопчених ковбас.

*Таблиця 3. Хіміко-технологічні показники напівкопчених ковбас*

Зразок	pH	Вміст вологи, %	ВЗЗ <sub>а</sub> , %	Вміст жиру, %
№1	6,7	43,5 ± 2,3	53,4 ± 0,62	6,53 ± 0,14
№2	6,65	47,1 ± 2,7	58,1 ± 0,54	5,71 ± 0,16
№3	6,7	47,6 ± 2,9	60,2 ± 0,53	5,24 ± 0,13
№4	6,55	48,4 ± 2,6	60,9 ± 0,48	4,83 ± 0,15
№5	6,65	42,7 ± 2,3	52,9 ± 0,57	7,36 ± 0,14
№6	6,5	47,4 ± 2,7	57,8 ± 0,61	6,73 ± 0,12
№7	6,6	48,1 ± 2,4	58,4 ± 0,53	6,24 ± 0,17
№8	6,7	48,3 ± 2,3	60,1 ± 0,54	6,11 ± 0,15
№9	6,5	42,5 ± 2,1	53,7 ± 0,59	7,96 ± 0,14
№10	6,65	47,8 ± 2,4	58,5 ± 0,62	7,68 ± 0,19
№11	6,55	48,1 ± 2,5	59,4 ± 0,56	7,33 ± 0,18
№12	6,6	48,6 ± 2,1	61,2 ± 0,51	6,27 ± 0,14

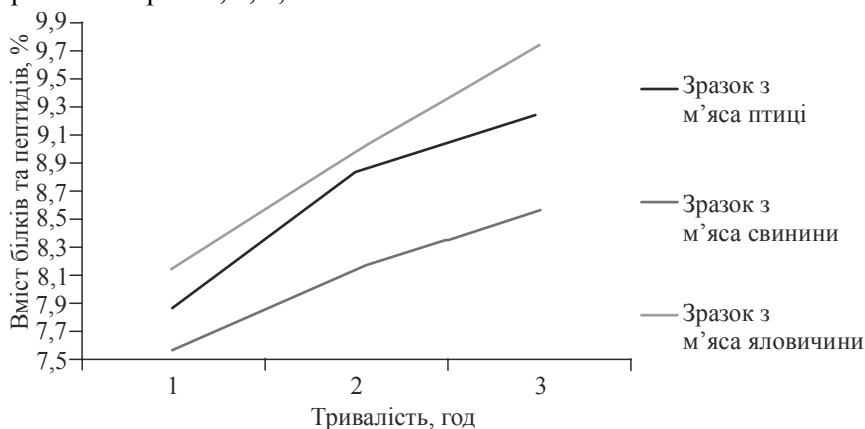
У процесі виробництва відбуваються часткові зміни хіміко-технологічних показників у рецептурах з різним вмістом білкового стабілізатора, що підтверджують дані, наведені у табл. 2, 3. Значення ВЗЗ<sub>а</sub> знаходиться в діапазоні 52—62%. Зміна значень рН при внесенні різної кількості білкового стабілізатора практично не відбувається.

У табл. 4 наведено значення виходу напівкопчених ковбас, згідно з якими кращий вихід спостерігається при використанні білкового стабілізатора в кількості близько 10%.

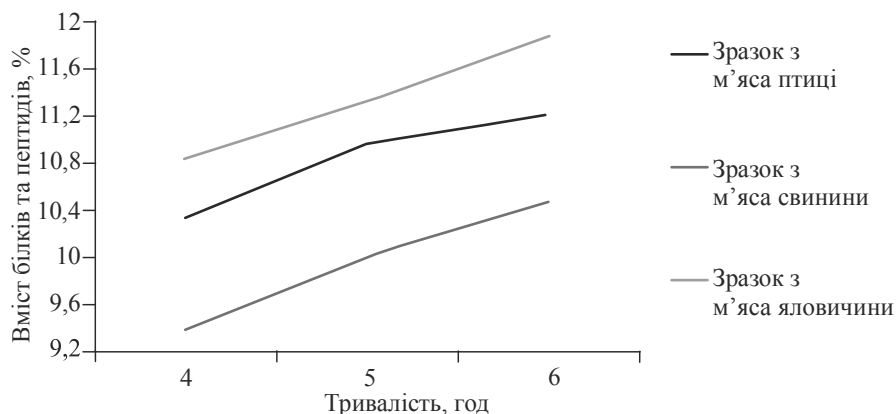
*Таблиця 4. Вихід напівкопчених ковбас з додаванням білкової добавки*

Зразок №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вихід, %	68	75	73	72	70	78	75	73	69	79	75	74

Здатність до протеолітичної ферментації білків напівкопчених ковбас з 10% білкового стабілізатора в складі рецептур оцінювали за наростанням продуктів гідролізу в результаті ферментативного перетравлення. Результати відображено на рис. 1, 2, 3, 4.



**Рис. 1. Накопичення продуктів протеолізу білка і пептидів у розчинах зразків за біуретовим методом (пепсинова стадія)**



**Рис. 2. Накопичення продуктів протеолізу білка і пептидів у розчинах зразків за біуретовим методом (трипсинова стадія)**

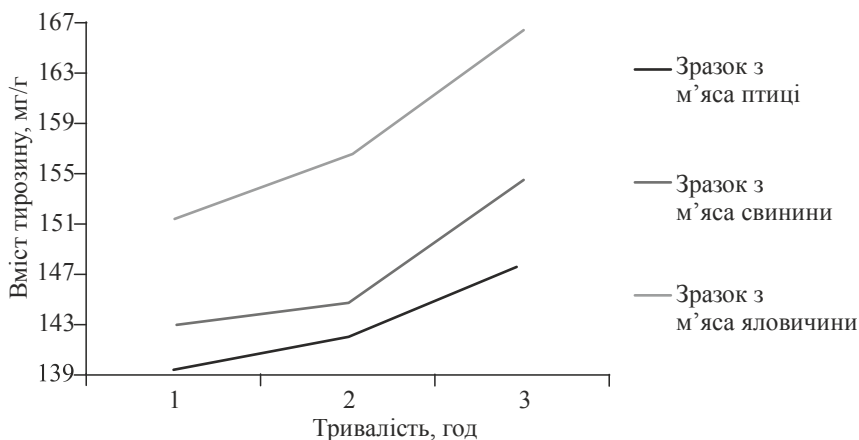


Рис. 3. Накопичення тирозину у дослідних розчинах зразків за методом Лоурі (пепсинова стадія)

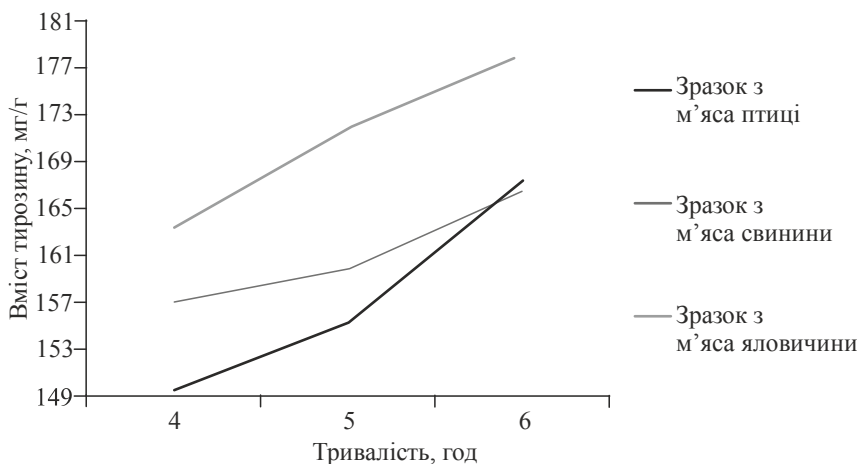


Рис. 4. Накопичення тирозину у дослідних розчинах зразків за методом Лоурі (трипсинова стадія)

З рис. 1—4 можна зробити висновок, що всі зразки мають досить високу здатність до протеолізу. Протеоліз зразків ковбас з м'ясом яловичини показав кращі результати, що обумовлене специфічними властивостями даної сировини.

У табл. 5—7 наведено дані про амінокислотний склад напівкопчених ковбас з вмістом у рецептурі 10% білкового стабілізатора з тваринного білка «Білкозин».

Таблиця 5. Амінокислотний склад напівкопчених ковбас на основі м'яса курчат-бройлерів

Амінокислоти	Кількість в мг	мг, %	СКОР, %
1	2	3	4
Незамінні амінокислоти			
Валін	0,688	3,58	72

1	2	3	4
Ізолейцин	0,601	3,12	78
Лейцин	1,593	8,28	118
Лізин	1,720	8,94	163
Метіонін	0,682	3,55	
Треонін	0,848	4,41	
Фенілаланін	0,819	4,26	
Замінні амінокислоти			
Аланін	1,359	7,07	
Аргінін	1,269	6,60	
Аспаргінова кислота	0,968	5,03	
Гістидин	0,535	2,78	
Гліцин	1,330	6,91	
Глутамінова кислота	4,182	21,74	
Пролін	0,725	3,77	
Серин	0,887	4,61	
Тирозин	0,660	3,43	128
Цистин	0,096	0,50	116
Сума	19,236	100,00	

*Таблиця 6. Амінокислотний склад напівкопчених ковбас на основі свинини нежирної*

Амінокислоти	Кількість в мг.	мг, %	СКОР, %
Незамінні амінокислоти			
Валін	0,673	3,88	78
Ізолейцин	0,571	3,30	82
Лейцин	1,459	8,42	120
Лізин	1,802	10,40	189
Метіонін	0,528	3,05	
Треонін	0,834	4,82	120
Фенілаланін	0,733	4,23	
Замінні амінокислоти			
Аланін	1,154	6,66	
Аргінін	1,023	5,91	
Аспаргінова кислота	1,020	5,89	
Гістидин	0,682	3,94	
Гліцин	0,997	5,76	
Глутамінова кислота	3,599	20,78	
Пролін	0,507	2,93	
Серин	0,767	4,43	
Тирозин	0,612	3,54	129
Цистин	0,131	0,76	109
Сума	17,318	100,00	

*Таблиця 7. Амінокислотний склад напівкопчених ковбас на основі яловичини першого сорту*

Амінокислоти	Кількість в мг.	мг, %	СКОР, %
1	2	3	4
Незамінні амінокислоти			
Валін	0,671	3,62	72

1	2	3	4
Ізолейцин	0,586	3,16	79
Лейцин	1,510	8,15	116
Лізин	1,783	9,63	175
Метіонін	0,559	3,02	
Треонін	0,844	4,56	114
Фенілаланін	0,765	4,13	
Замінні амінокислоти			
Аланін	1,350	7,29	
Аргінін	1,239	6,69	
Аспаргінова кислота	1,163	6,28	
Гістидин	0,660	3,56	
Гліцин	1,291	6,97	
Глутамінова кислота	3,533	19,08	
Пролін	0,743	4,01	
Серин	0,841	4,54	
Тирозин	0,619	3,34	125
Цистин	0,119	0,64	105
Сума	18,520	100,00	

З даних табл. 5—7 видно, що розроблені рецептури напівкопчених ковбас з основними видами м'ясної сировини збалансовані за амінокислотним складом, що свідчить про повноцінність розроблених рецептур з частковою заміною м'ясної сировини на білковий стабілізатор з тваринного білка «Білкозин».

### **Висновки**

У результаті проведених досліджень представлено порівняльну характеристику хіміко-технологічних характеристик напівкопчених ковбас і проаналізовано їх здатність до протеолізу з використанням для різних видів м'ясної сировини в складі рецептур тваринного білка «Білкозин». Встановлено раціональну кількість внесення в рецептуру колагенового яловичого білка «Білкозин» та його вплив на функціонально-технологічні показники ковбасних виробів, що дає змогу в подальшому використовувати дані результати для розроблення нового асортименту ковбасних виробів з використанням тваринного білка «Білкозин».

### **Література**

1. Совершенствование технологии производства белкового стабилизатора / Л.В. Антипова, С.Е. Мишин // *Мясная индустрия*. — 2001 — № 12. — С. 29—31.
2. Новые животные белки, поставляемые фирмой «Могунция» / В.И. Любченко, В.В. Прянишников, Е.Ю. Лебедева, Д.А. Шефов, Н.Б. Лобанова, П. Озимковски // *Мясная индустрия*. — 2002. — № 2. — С. 39—41.
3. *Українець А.І.* Вплив білоквмісних композицій на основі колагену на якість ковбасних виробів / А.І. Українець, В.М. Пасічний, Ю.В. Желуденко, М.М. Полумбрик // *Науково-виробничий журнал «Харчова наука і технологія»*. — Одеса, 2016. — Том 10, випуск 3. — С. 50—55.
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. Пасічний В.М. Функціонально-технологічні властивості фаршевих систем з використанням білоквісних композицій на основі тваринного білка «Білкозин» / В.М. Пасічний, М.М. Полумбрик, О.Ю. Хоменко, Ю.В. Желуденко // Збірник наукових праць ВНАУ. — 2015. — Випуск 2 (90). Серія технічні науки. — С.72—76.

6. Пасічний В. Оптимізація рецептурного складу м'ясних та м'ясомістких напівкопчених ковбас з м'ясом птиці / Василь Пасічний, Олена Мороз // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С.З. Гжицького. — 2013. — Т. 15. — №1(55), Ч. 3. — С.130—133.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУКОПЧЕННЫХ КОЛБАС**

**А.И. Украинец, В.М. Пасичный, Е.А. Мороз, И.В. Неводюк**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Комбинирование мяса и животных белков на основе принципов пищевой комбинаторики расширяет возможности для создания качественных продуктов питания целевого назначения. Полноценные животные белки значительно лучше растительных по показателям биологической ценности. Увеличение доли белка животного происхождения в составе колбасных изделий позволяет существенно повысить значение показателя влагосвязывающей способности. Полученные результаты подтверждают эффективность стабилизации функционально-технологических показателей фарша, сбалансированности аминокислотного состава и уровня доступности протеолитическим ферментам при использовании белкового стабилизатора на основе животного говяжьего белка «Белкозин» с учетом количественных соотношений рецептурных составляющих.*

**Ключевые слова:** *соединительнотканый белок, стабилизатор, биологическая ценность, функционально-технологические показатели, «Белкозин», доступность ферментации.*

## IMPROVING THE OPERATING CHARACTERISTICS OF DISTILLATION AND RECTIFICATION PLANTS THROUGH THE USE OF TECHNOLOGY-DRIVEN RECTIFICATION

Y. Buliy, P. Shiyan, A. Kuts

National University of Food Technologies

A. Dmitruk

TEASER, LLC

---

**Key words:**

*Distillation*

*Ethyl alcohol*

*Controlled cycles*

*Rectification*

*Phase equilibrium*

---

**Article history:**

Received 18.01.2017

Received in revised form

09.02.2017

Accepted 24.02.2017

---

**Corresponding author:**

Y. Buliy

E-mail:

ybuliy@yandex.ua

---

**ABSTRACT**

The authors propose the energy-saving driven rectification technology. The research of its efficiency for the processes of distillation of alcohol-containing fractions and distillation of mature distillate has been conducted. The technological parameters of experimental acceleration and alcohol distillation columns have been determined. The advantage of the proposed technology is that it involves maximum extraction of main impurities; the degree of extraction of alcohol fusel oil and methanol has been increased by 60% and the ratio of their concentration, by 52...69%. By increasing the delay of mash distillation on plates up to 12 seconds, the concentration of industrial ethanol in the distillate is increased by 28%. Thus, the unit cost of the heating steam is reduced by 40%.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРОВАНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ

Ю.В. Булій, П.Л. Шиян, А.М. Куц

Національний університет харчових технологій

А.П. Дмитрук

ТОВ «ТІСЕР»

У статті запропоновано енергозберігаючу технологію керованої ректифікації. Досліджено її ефективність для процесів розгонки спиртовмісних фракцій і перегонки зрілої бражки. Визначено технологічні показники роботи експериментальних розгінної та бражної колон. Встановлено переваги запропонованої технології: в процесі розгонки відбувається максимальне вилучення головних домішок, ступінь вилучення спиртів сивушиного масла та метанолу підвищується на 60%, кратність їх концентрування на 52...69%. При збільшенні часу затримки бражки на тарілках до 12 с концентрація

етанолу в бражному дистиляті збільшується на 28%. При цьому питомі витрати гріючої пари скорочуються на 40%.

**Ключові слова:** бражка, етиловий спирт, контрольовані цикли, ректифікація, фазова рівновага.

**Постановка проблеми.** Одним із найбільш енергоємних процесів у переробних галузях агропромислового комплексу є виробництво спирту з крохмалевмісної сировини та його складова частина — процеси перегонки бражки і ректифікації спирту. З метою підвищення експлуатаційних і технологічних характеристик брагоректифікаційних установок (БРУ) зусилля дослідників направлені на створення технологій та обладнання нового покоління з максимально високими енерго- й ресурсозберігаючими характеристиками.

На більшості спиртових заводах для запобігання втрат спирту з бардою бражні колони експлуатують з коефіцієнтом надлишку пари 1,2...1,25. При цьому витрата пари на перегонку збільшується на 13...15%. Збільшення питомих витрат гріючої пари в бражній колоні призводить до зменшення концентрації спирту в бражному дистиляті та підвищених його витрат у спиртовій колоні. При зменшенні міцності бражного дистиляту від 50 до 30% об. флегмове число в спиртовій колоні збільшується на 7,7%, настільки ж збільшуються і витрати гріючої пари.

Концентрація спирту в бражному дистиляті впливає на витрату пари в спиртовій колоні. Із збільшенням концентрації спирту в бражному дистиляті до 60 % ваг. витрата пари на спиртову колону зменшується на 12...15%. При наявності в БРУ розгінної колони відбір головної фракції доцільно збільшити від 5 до 8...10%, при цьому виникає можливість збільшення кількості тарілок у відгінній частині епюраційної колони і таким чином зменшується кількість пари на епюрацію. Ефективним заходом як для зменшення енерговитрат на епюрацію, так і для покращення якості спирту є збільшення загальної кількості тарілок від 40 до 48...50 шт.

Висока енергоємність спиртової колони викликає необхідність пошуку шляхів її енергетичної оптимізації. Із підвищенням концентрації ректифікованого спирту від 96,0 до 96,1% об. питома витрата пари збільшується на 0,5 кг/дал, тоді як при підвищенні концентрації від 96,4 до 96,5% об. — вже на 4,0 кг/дал [1].

Недостатня кількість і невисока ефективність відомих контактних пристроїв призводять до підвищених витрат гріючої пари та зниження ефективності процесів перегонки спиртової бражки і ректифікації етилового спирту. В типових БРУ, в яких рух пари і рідини відбувається в стаціонарному режимі, час перебування рідини на тарілках недостатній для встановлення фазової рівноваги. Як наслідок, для досягнення ефективних експлуатаційних характеристик БРУ витрати гріючої пари необхідно збільшувати [2].

Одним із факторів, що дають змогу інтенсифікувати масообмін між рідиною і парою, підвищити ступінь очистки ректифікованого спирту від супутніх домішок, а також скоротити питомі витрати пари, є використання нестационарного (циклічного) режиму роботи БРУ, а також розробка кон-

струкції ректифікаційного обладнання, що забезпечує роздільний рух парової і рідинної фаз по тарілках колон без переривання їх подачі в колону. Циклічний режим передбачає контрольовані затримки рідини на тарілках колони до моменту досягнення рівноважного стану фаз. Інтервал рідинної затримки залежить від якісного складу спиртовмісних фракцій, які подають на тарілку живлення, та їх кількості і визначається експериментально.

Ступінь відхилення системи від рівноваги залежить від різниці робочих і рівноважних концентрацій компонентів у парі та рідині. На теоретичних тарілках ця різниця наближається до нуля. В реальних умовах її зменшення дає змогу збільшити рушійну силу масообміну, підвищити роздільну здатність ректифікаційних колон, ступінь вилучення і кратність концентрування легких домішок, якість ректифікованого спирту, скоротити питому витрату гріючої пари, а також знизити вартість обладнання завдяки зменшенню його металоемності [3].

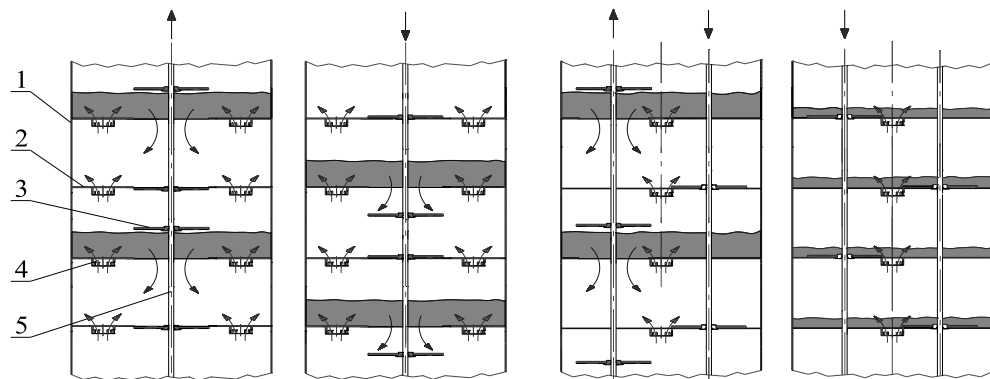
Відомі вітчизняні ректифікаційні установки циклічної дії не знайшли широкого практичного використання. Аналіз отриманих результатів досліджень дав змогу виявити ряд специфічних особливостей їхньої роботи (як позитивних, так і негативних). Зокрема, було доведено, що роздільний рух фаз по колоні надає можливість інтенсифікувати масообмін між рідиною і парою за рахунок одноразової зміни рідинної затримки на тарілках і скоротити витрату гріючої пари до 40% порівняно з типовими колонними апаратами, що працюють у стаціонарному режимі. Однак через відсутність масообміну в період переривання подачі пари для надходження рідини на тарілку і в момент її переливу по тарілках колони ефективність розділення спиртовмісних фракцій знижується [4].

**Мета статті:** підвищити ефективність масообміну між рідиною і парою в процесах перегонки бражки й ректифікації етилового спирту, ступінь вилучення та кратність концентрування ключових органічних домішок спирту в процесі розгонки спиртовмісних напівпродуктів і побічних продуктів брагоректифікації; підвищити концентрацію етилового спирту в бражному дистиляті та знизити енергоемність колонного обладнання за рахунок використання технології керованих циклів ректифікації.

**Виклад основних результатів дослідження.** Для вирішення поставленого завдання співробітниками ТОВ «Техінсервіс-процес» та кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства була запропонована технологія ректифікації, що передбачає проведення контрольованих циклів затримки і синхронного переливу рідини по тарілках колони за рахунок додатково встановлених клапанів на рухомих тягах по всій її висоті, зв'язаних з приводними механізмами (пневмоциліндрами), дія яких відбувається згідно із заданим алгоритмом та програмою контролера і не залежить від режиму подачі гріючої пари в кубову її частину. Спосіб передбачає перелив рідини у два послідовних етапи, які повторюються періодично у часі почергово. На першому етапі рідина синхронно переливається з кожної непарної тарілки на кожну наступну парну тарілку; на другому етапі — з кожної парної тарілки на кожну наступну непарну тарілку [5; 6]. Причому на кожному етапі перелив

може здійснюватися за один або за два прийоми залежно від ступеня відновлення поверхні міжфазового контакту (рис. 1).

На рис. 1а схематично представлено повний або одноразовий спосіб переливу, згідно з яким переливні отвори парних або непарних тарілок залишаються відкритими до моменту повного синхронного переливу рідини з верхніх на суміжні з ними нижні тарілки по всій висоті колони. На рис. 1б схематично показано роздільний або дробовий спосіб, який відбувається за два прийоми. Для його здійснення час переливу скорочують удвічі. Таким чином рідину розділяють на дві частини, після чого рухливі клапани перекривають переливні отвори парних або непарних тарілок, відбувається затримка рідини в заданому інтервалі часу, після завершення якої виконується її остаточний перелив [7].



**Рис. 1. Способи переливу рідини в умовах контрольованих циклів ректифікації:**

1 — корпус ректифікаційної колони; 2 — тарілка; 3 — клапан; 4 — контактний елемент; 5 — рухома тяга

Дослідження запропонованої технології проводилися у виробничих умовах ДП «Чуднівська філія Житомирського лікєро-горілочного заводу». Завдання дослідження полягало в тому, щоб визначити ступінь вилучення й кратність концентрування основних груп домішок спирту в процесі розгонки, а також встановити питомі витрати грючої пари в умовах типової та керованої ректифікації.

Для вирішення поставленого завдання експериментальна розгінна колона діаметром 426 мм була оснащена 30 ситчастими тарілками з діаметром отворів 2,4 мм. Відстань між тарілками дорівнювала 300 мм, живий перетин тарілки — 5,5%. У корпусі колони були встановлені рухомі тяги з клапанами, які по чергово відкривали та закривали переливні отвори парних і непарних за порядком розташування тарілок відповідно до заданого алгоритму. Тяги були з'єднані з приводним механізмом (стандартними пневмоциліндрами типу DNT). Крім того, колона була додатково оснащена мікропроцесорною пневматикою фірми FESTO і сучасними комп'ютерно-інтегрованими засобами. Управління клапанами і роботою пневмоциліндрів, контроль технологічних параметрів (температури, тиску) здійснювався за допомогою автоматичних датчиків, сигнал від яких передавався на мікропроцесорний контролер.

Ступінь вилучення ( $\alpha$ ) і кратність концентрування ( $\beta$ ) летких домішок визначали за формулами:

$$\alpha = \frac{X_M}{X_O}; \beta = \frac{X_D}{X_M},$$

де  $X_M$ ,  $X_D$ ,  $X_O$  — концентрація домішок спирту на тарілці живлення, у дистилляті (концентраті естеро-сивушному — КЕС) і кубовій рідині відповідно, мг/дм<sup>3</sup>.

Результати досліджень наведені у табл. 1.

**Таблиця 1. Ступінь вилучення ( $\alpha$ ) і кратність концентрування ( $\beta$ ) органічних домішок спирту в умовах типової та керованої ректифікації**

Найменування групи домішок	Концентрація, мг/дм <sup>3</sup>			$\alpha$	$\beta$
	живлення	кубова рідина	КЕС		
етанол, видима концентрація, % об.	82,0	5,0	68,0	16,4	
<i>Типова ректифікація</i>					
альдегіди	605,0	7,0	10235	86,4	16,9
естери	637,7	8,0	13467	79,7	21,1
сивушне масло	27307,9	1293,0	272626	21,1	9,98
метанол, % об.	0,026	0,0016	1,75	16,2	67,3
<i>Керована ректифікація</i>					
альдегіди	605,0	сліди	13591,2	$\infty$	22,5
естери	637,7	сліди	17905,2	$\infty$	28,1
сивушне масло	27307,9	793,0	462079	34,4	16,9
метанол, % об.	0,026	0,0010	2,66	26,0	102,3

Аналіз експериментальних даних показав, що при проведенні процесу розгонки в режимі контрольованих циклів затримки і переливу рідини при безперервній подачі гріючої пари альдегіди й естери (головні домішки) вилучаються максимально, ступінь вилучення ( $\alpha$ ) вищих спиртів сивушного масла (верхніх проміжних домішок) і метанолу збільшується на 60%. При цьому кратність концентрування ( $\beta$ ) головних домішок підвищується на 33%, вищих спиртів — на 69%, метанолу — на 52%.

Встановлено, що при роботі розгінної колони в режимі керованої ректифікації витрати гріючої пари скорочуються на 40% порівняно з типовими установками і становлять 11...13 кг/дал абсолютного алкоголю (а.а.), введеного на тарілку живлення. Скорочення витрати пари відбувається за рахунок зменшення живого перетину тарілок, а також збільшення інтервалу затримки рідини до моменту досягнення рівноважного стану фаз.

Подальші дослідження були спрямовані на визначення ефективності запропонованої авторами технології у процесі перегонки спиртової бражки, отриманої із зернової сировини, що містить до 7% сухих речовин. Виробничі випробування проводились в умовах ДП «Лопатинський спиртовий завод».

Об'єктами досліджень були типова бражна колона, що працює в стаціонарному режимі, і експериментальна бражна колона, конструкція якої забез-

печує роздільний рух фаз при безперервній подачі в колону пари і бражки. За критерій оптимізації процесу брагоперегонки приймали питому витрату гріючої пари і концентрацію етилового спирту в пробах бражного дистиляту.

Типова бражна колона діаметром 1200 мм була оснащена тарілками подвійного кип'ятіння у кількості 25 шт. Технологічні показники її роботи: тиск у кубової частини — 1,3 м вод. ст. (13 кПа), у верхній частині — 0,3 м вод. ст. (3 кПа), температура кубової частини — 106,3 °С, температура верху — 95,6 °С, на 22-й тарілці живлення — 93,9 °С, температура бражки — 81,6...81,9 °С. Експериментальна бражна колона діаметром 650 мм була оснащена лускатими тарілками в кількості 30 шт. і рухомими клапанами, закріпленими на тягах, з'язаними з пневмоциліндрами. Відстань між тарілками дорівнювала 400 мм.

Показники її роботи при нормативних втратах спирту з бардою: тиск у кубової частини — 2,2 м вод. ст. (22 кПа), у верхній частині — 0,7 м вод. ст. (7 кПа), температура кубової частини — 106,3 °С, температура верху колони — 91,2 °С. У всіх варіантах бражка подавалася на верхні тарілки колон. Інтервал часу затримки бражки на тарілках визначали експериментально залежно від концентрації етилового спирту у бражному дистиляті.

Дослідження показали, що з подовженням часу затримки бражки на тарілках до 12 с. концентрація етанолу у бражному дистиляті збільшувалася на 28% порівняно з типовою колоною і становила 64% об. при мінімальних витратах пари. Підвищення міцності бражного дистиляту дає змогу проводити більш глибоку гідроселекцію головних домішок в епюраційній колоні і завдяки цьому підвищити якість епюрату та ректифікованого етилового спирту. При затримці бражки на тарілках більше 12 с концентрація спирту в бражному дистиляті зростала незначно, при цьому зменшувалася пропускна здатність колони по рідині.

Використання запропонованої технології керованої ректифікації для перегонки спиртової бражки дає змогу скоротити питомі витрати гріючої пари на 37% (до 14,4 кг/дал а.а.) порівняно з типовими бражними колонами, що працюють у стаціонарному режимі.

### **Висновки**

Використання енергозберігаючої технології керованої ректифікації для розгонки спиртовмісних фракцій дає змогу забезпечити максимальне видалення альдегідів та естерів, підвищити ступінь вилучення вищих спиртів сивушного масла і метилового спирту на 60%, збільшити кратність концентрування головних летких домішок на 33%, сивушного масла на 69%, а метилового спирту на 52%. Збільшення часу затримки бражки на тарілках бражної колони до 12 с призводить до зростання концентрації етилового спирту у бражному дистиляті на 28% порівняно з типовими бражними колонами. Питомі витрати гріючої пари в процесі перегонки бражки і ректифікації етилового спирту скорочуються в середньому на 40% порівняно з типовими установками.

Отримані результати свідчать про доцільність використання запропонованої авторами технології у виробничих умовах. Перспективним напрямком

роботи є проведення подальших досліджень щодо підвищення експлуатаційної і технологічної характеристик БРУ різної модифікації при використанні технології керованої ректифікації.

### Література

- 1 Шиян П.Л. Розробка ресурсо- та енергозберігаючої технології і техніки ректифікації в харчовій промисловості : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Шиян П.Л. — Київ : 1997. — 37 с.
- 2 Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — Київ : Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
- 3 Kiss A.A., Bildea C.S. A control perspective on process intensification in dividing-wall columns // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. — 2011. — № 50. — P. 281—292.
- 4 Патент України 60565 А. Спосіб перетікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. — Заявлено 10.12.02; Опубл. 15.10.03, Бюл. № 10.
- 5 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; Опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.
- 6 Патент на изобретение 2372965 С2 В01D 3/00, В01D 3/20 (RU). Способ перелива жидкости по тарелкам колонного аппарата в процессе массообмена между паром и жидкостью / Дмитрук А.П., Черняховский И.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В.; патентообладатель Дмитрук А.П. (UA). — № 2007135886/15; заявл. 27.09.2007; — опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32/2007.
- 7 Патент України 26598 В01D 3/00. 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.; заявник та патентовласник Дмитрук А.П. — заявлено 08.06.2007; опубл. 25.09.2007, Бюл. № 15.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЯЕМОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

Ю.В. Булій, П.Л. Шиян, А.М. Куц

*Национальный университет пищевых технологий*

А.П. Дмитрук

ООО «ТИСЭР»

*В статье предложена энергосберегающая технология управляемой ректификации. Проведены исследования ее эффективности для процессов разгонки спиртосодержащих фракций и перегонки зрелой бражки. Определены технологические показатели работы экспериментальных разгонной и бражной колонн. Установлены преимущества предложенной технологии: в процессе разгонки происходит максимальное извлечение головных примесей, степень извлечения спиртов сивушного масла и метанола повышается на 60%, а кратность их концентрирования — на 52...69%. При увеличении времени задержки бражки до 12 с. концентрация этанола в бражном дистилляте увеличивается на 28%. При этом удельные затраты греющего пара сокращаются на 40%.*

**Ключевые слова:** *бражка, этиловый спирт, контролируемые циклы, ректификация, фазовое равновесие.*



## USING RICE FLOUR IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF GLUTEN-FREE BREAD

L. Mykhonik, A. Gryshchenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Celiac disease*  
*Gluten-free bread*  
*Rice flour*  
*Bread quality*  
*Aroma-forming substances*  
*Bread nutritional value*

**Article history:**

Received 15.01.2017  
Received in revised form  
02.02.2017  
Accepted 01.03.2017

---

**Corresponding author:**

L. Mykhonik  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

The research results of rice flour influence on the quality of gluten-free bread are presented in this article. The produced baking samples are described and the influence of rice flour on the characteristics of the technological process and the quality of products made of potato and corn starch mix is investigated. It has been established that it is expedient to use rice flour in the formulation of starch products in an amount up to 30%. The study of the content of aroma-forming substances in gluten-free bread with rice flour has shown that their amount is increased by 12.7% as compared to bread products containing starch. The nutritional value of gluten-free bread is greatly increased, in particular, the content of proteins is 2.5 times higher, and the content of magnesium, iron, potassium and vitamins is increased.

---

## ВИКОРИСТАННЯ РИСОВОГО БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

Л.А. Михонік, А.М. Грищенко

Національний університет харчових технологій

*Стаття присвячена дослідженню впливу рисового борошна на показники якості безглютенового хліба. Наведено результати пробних випікань, досліджено вплив рисового борошна на показники технологічного процесу та якість виробів із суміші картопляного і кукурудзяного крохмалю. Встановлено, що рисове борошно доцільно використовувати в рецептурі виробів з крохмалю в кількості до 30%. Дослідження вмісту ароматутворюючих речовин у безглютеновому хлібі з рисовим борошном показало, що їх кількість збільшується на 12,7% порівняно з хлібом із суміші крохмалів. Значно підвищується харчова цінність безглютенового хліба, зокрема в 2,5 рази збільшується вміст білків, зростає вміст магнію, заліза, калію та вітамінів.*

**Ключові слова:** *целиакія, безглютеновий хліб, рисове борошно, якість хліба, ароматутворюючі речовини, харчова цінність хліба.*

**Постановка проблеми.** Безглютенові дієтичні продукти призначені для споживання хворим на целиакію. Целиакія — це генетично обумовлене захво-

рювання, що проявляється в алергічних реакціях організму на клейковину злакових культур (глютен). Згідно зі стандартом Codex Alimentarius, клейковиною прийнято вважати білкову фракцію пшениці, жита, ячменю, вівса або їх гібридів, яка не розчиняється у воді і 0,5 моль/дм<sup>3</sup> розчині хлориду натрію [1]. На даний час в Україні реалізують безглютенові вироби та суміші для їх виготовлення переважно зарубіжних фірм, оскільки технології виробництва безглютенової продукції ще недостатньо досліджені та обмаль необхідної сировинної бази, чистої від найменших домішок глютену. Часто різні види борошна виготовляють на одних підприємствах разом із пшеничним борошном, що викликає ризик потрапляння борошняного пилу пшеничного борошна до безглютенової сировини.

Зважаючи на те, що одним з основних продуктів харчування в нашій країні є хліб, існує проблема забезпечення хворих на целиацію людей безглютеновим хлібом вітчизняного виробництва. В технології безглютенового хліба використовують сировину, яка не містить білка клейковини — гліадину. До безглютенової сировини належать крохмаль (картопляний, кукурудзяний, тапіоковий) та борошно круп'яних і бобових культур (гречане, рисове, кукурудзяне, просяне, амарантове, соргове, соєве, горохове тощо). Використання борошна круп'яних культур сприяє підвищенню харчової цінності безглютенових продуктів. З метою забезпечення об'єму такого хліба, а також структури м'якушки використовують модифіковані крохмалі, желатин, пектинові речовини, карбоксиметилцелюлозу, камеді тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У літературі особлива увага приділяється використанню в технології безглютенових продуктів з рису, зважаючи на його хороші технологічні властивості та харчову цінність [2]. В білому рисі міститься 80...83% вуглеводів, білків — 7...8% (за амінокислотним складом близьких до материнського молока), жирів — 0,4...0,8% (на 75% складаються із ненасичених жирних кислот) [3].

Продукти з рису мають цілий ряд переваг: повноцінний амінокислотний склад і легкозасвоювані вуглеводи, гіпоалергенність, запобігають синерезису і мають відбілюючі властивості [3]. У виробництві кондитерських і макаронних виробів, продукції дієтичного та дитячого харчування використовують рисову крупу і побічні продукти її виробництва (наприклад, рисову мучку), рисове борошно, рисовий крохмаль [4; 5; 7].

Рисове борошно використовують для підвищення харчової цінності або як самостійний інгредієнт в технології хліба і борошняних кондитерських та макаронних виробів [8]. Таке борошно виготовляють з рисової крупи «Екстра» або з дробленої рисової крупи. Рисове борошно є джерелом мінеральних речовин — натрію, калію, магнію, фосфору, кремнію та цинку, а також біотину, вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> і РР. До його вуглеводного складу входить значна кількість крохмалю (близько 80%, залежно від сорту), який легко засвоюється організмом, незначно — клітковини (до 1%) моно- і дисахаридів (до 0,4%). Зерна рисового крохмалю мають багатокутну форму і дрібний розмір — 3—8 мкм, утворюють непрозорі клейстери низької в'язкості, що характеризуються високою стабільністю під час зберігання (для порівняння — зерна пшеничного крохмалю мають круглу або еліптичну форму, переважно

розміром 25—35 мкм) [10]. За біологічною цінністю білка, вмістом високоякісного крохмалю рисове борошно займає перше місце серед інших видів злакового борошна.

Науковцями розроблено оптимізовану рецептуру безглютенової суміші для виробництва хліба, до складу якої входить крохмаль кукурудзяний нативний, борошно рисове чи кукурудзяне — 30%, сіль, цукор, крохмаль, що набухає, соєві ізольовані білки. Проте відмічено, що на скоринці хліба, виготовленого з такої суміші, утворюється велика кількість тріщин, що погіршує органолептичні показники якості виробів [7].

**Метою дослідження** є розроблення рецептури безглютенового хліба, що має високі органолептичні показники якості.

**Матеріали і методи досліджень.** Матеріалом досліджень було обрано композиції безглютенового хліба на основі суміші картопляного і кукурудзяного крохмалю з додаванням рисового борошна, тісто та хліб, виготовлені з вищезазначеної сировини.

Методи досліджень — органолептичні, аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, загальноприйняті і спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

**Результати і обговорення.** Для визначення впливу рисового борошна на показники технологічного процесу та якість безглютенового хліба проводили пробні лабораторні випікання. Готували зразки тіста з сумішей, до складу яких включали картопляний і кукурудзяний крохмаль, камеді ксантану і гуару, сіль кухонну харчову, цукор білий кристалічний. За контроль приймали хліб з картопляного та кукурудзяного крохмалю у співвідношенні 20:80. Попередніми дослідженнями встановлено, що дане співвідношення сприяє утворенню гладкої скоринки готових виробів [9]. Рисове борошно додавали в кількості 25, 30 та 35% замість маси кукурудзяного крохмалю. Тісто готували безопарним способом без бродіння, поділяли на заготовки, проводили остаточне вистоювання за температури 35 °С до готовності та випікали формовий хліб за температури 220 °С.

Встановлено, що початкова кислотність тіста з додаванням рисового борошна, порівняно з контролем, підвищувалась незначно (табл. 1). Кислотність тіста наприкінці вистоювання (через 60 хв) у зразках з рисовим борошном була вищою на 0,2...0,4 град. Ймовірно, це пов'язано з інтенсифікацією процесів бродіння та накопиченням більшої кількості кислореагуючих речовин.

*Таблиця 1. Вплив рисового борошна на показники технологічного процесу і якість безглютенового хліба*

Показники	З суміші крохмалів (контроль)	З рисовим борошном, %		
		25	30	35
1	2	3	4	5
Тісто				
Масова частка вологи, %	51,0	52,1	52,2	52,0
Кислотність, град.:				
- початкова	0,9	0,9	1,0	1,2
- кінцева	1,1	1,3	1,3	1,5

1	2	3	4	5
Тривалість вистоювання, хв	59	50	47	44
Газоутворення за 60 хв бродіння, см <sup>3</sup> /100 г	275	305	312	365
Питомий об'єм тіста в кінці бродіння, см <sup>3</sup> /г	1,84	1,83	1,80	1,71
Хліб				
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	2,43	2,42	2,41	2,30
Кислотність, град.	1,0	1,1	1,2	1,3
Формостійкість, Н/D, подового хліба	0,25	0,26	0,28	0,30
Співвідношення, Н/В, формового хліба	0,46	0,45	0,44	0,42
Деформація м'якушки, од. пенетрометра через 3 год	70	70	69	67
	24 год	23	24	22
Крихкуватість, %, через 3 год	0,5	0,7	0,8	1,0
	24 год	1,5	1,9	2,3
Стан поверхні і забарвлення скоринки	Гладка, білого кольору	Гладка, кремового кольору		
Колір м'якушки	Білий	Білий		
Структура пористості	Тонкостінна, рівномірна	Тонкостінна, рівномірна		Тонкостінна, нерівномірна
Смак і аромат	Характерний даному виду виробів	Приємний смак і аромат вареного рису		

Використання в рецептурі 25, 30 і 35% рисового борошна сприяє скороченню тривалості вистоювання тістових заготовок порівняно з контролем на 9...15 хв. Це пояснюється насамперед зростанням газоутворення в тісті внаслідок покращення живлення дріжджів азотистими речовинами рисового борошна та незначним збільшенням вмісту цукрів.

Вироби з додаванням рисового борошна мають краще забарвлення скоринки та більш виражений аромат. Проте збільшення дозування до 35% призводить до погіршення показників якості хліба: погіршується структура пористості, стає жорсткою м'якушка, питомий об'єм хліба при цьому знижується. Дослідження деформації м'якушки за допомогою пенетрометра та її крихкуватості через 3 і 24 год після випікання показало, що внесення рисового борошна в кількості 25—35% не уповільнює процес черствіння виробів (результати знаходяться в межах похибки досліду). На нашу думку, це спричинено тим, що частинки рисового борошна, включені в стінки пор хліба, з часом зменшуються в об'ємі швидше, ніж частинки клейстеризованих зерен кукурудзяного і картопляного крохмалю, які за розміром є більшими. При цьому утворюються тріщинки в стінках пор і вони стають більш крихкими. Але наші припущення потребують подальших досліджень.

Забарвлення, смак і аромат безглютенового хліба із суміші крохмалів (контроль) менш виражений, ніж у хлібі з рисовим борошном, оскільки в рецептурній композиції першого міститься недостатня кількість білкових речовин, що негативно впливає на перебіг реакції меланоїдиноутворення. Встановлено, що додавання рисового борошна підвищує вміст ароматоутворюючих (бісульфітз'язуючих) речовин у м'якушці та в скоринці хліба (табл. 2). Це спричинено тим, що в борошні містяться вільні амінокислоти, які при високій температурі вступають в реакцію меланоїдиноутворення з цукрами.

*Таблиця 2. Вміст бісульфітз'язуючих сполук у безглютеновому хлібі*

Показники якості хліба	Хліб безглютеновий	
	З суміші крохмалів (контроль)	З рисовим борошном (30%)
Вміст бісульфітз'язуючих речовин, мг-екв./100г хліба у м'якушці після випікання через:		
3 год	1,81	2,04
24 год	2,00	2,36
у скоринці після випікання через:		
3 год	8,40	9,21
24 год	8,32	8,90

Закономірність перерозподілу ароматоутворюючих речовин у процесі зберігання у безглютеновому хлібі спостерігається така ж, як і для пшеничного хліба: відбувається часткове зв'язування цих речовин у навколишнє середовище в процесі зберігання і часткова їх міграція із скоринки в центр м'якушки.

Розрахунок хімічного складу безглютенового хліба з додаванням рисового борошна в кількості 30% показав (табл. 3), що порівняно з хлібом з крохмалю підвищується вміст амінокислот, зокрема незамінних. Зростає також вміст мінеральних речовин і вітамінів групи В.

*Таблиця 3. Хімічний склад 100 г хліба*

Складові	Безбілковий (з крохмалю)	З рисовим борошном(30 %)
1	2	3
Білки, г	0,74	1,85
Незамінні амінокислоти, мг		
ізолейцин	13	72
лейцин	14	126
лізин	17	63
метіонін+цистин	4	56
фенілаланін+тирозин	8	126
треонін	11	54
триптофан	3	21
валін	12	87
Жири, г	2,30	2,14
Вуглеводи, г	56,69	52,13
Харчові волокна, г	—	0,07
Мінеральні речовини, мг		
калій	20,80	26,02

1	2	3
кальцій	28,35	24,63
магній	1,05	6,44
фосфор	57,34	60,85
залізо	0,08	0,32
Вітаміни, мг		
В <sub>1</sub> (тіамін)	0,01	0,05
В <sub>2</sub> (рибофлавін)	0,01	0,04
РР (ніацин)	0,22	0,23

### **Висновки**

Отже, результати досліджень показали, що в рецептуру безглютенового хліба доцільно додавати до 30% рисового борошна замість маси крохмалю. Подальші дослідження мають бути спрямовані на пошук способів подовження свіжості та внесення більшої кількості продуктів переробки круп'яних культур, що сприятиме підвищенню харчової цінності такого хліба.

### **Література**

1. Codex standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten / Codex alimentarius. International food standarts [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.codexalimentarius.org>.
2. Шнейдер Д. Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки / Д. Шнейдер, Н. Казеннова // Хлебопродукты. — 2009. — № 2. — С. 38—39.
3. Сухих Т.Н. Рисовые ингредиенты: полезность и функциональность / Т.Н. Сухих, Ю.Е. Упорова // Кондитерское производство. — 2008. — № 3. — С. 14—15.
4. Красина И.Б. Потребительские свойства вторичных продуктов переработки зерна риса / И.Б. Красина // Пищевая технология. Изв. вузов. — 2007. — № 5—6. — С. 23—24.
5. Тхи-Хьен Д. Определение оптимальной рецептуры хлеба с рисовой мукой / Д. Тхи-Хьен // Пищевая промышленность. — 2010. — № 6. — С. 64—65.
6. Мироевская Е. Различные дозировки рисовой муки в хлебобулочных и кондитерских изделиях / Е. Мироевская // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2007. — № 12. — С. 30—31
7. Кузнецова Л.И. Научные основы разработки безглютеновых смесей / Л.И. Кузнецова, Г.В. Мельникова, Н. Д. Синявская // Хлебопечение России. — 2001. — № 3. — С. 30—31.
8. Бабіч О.В. Розроблення технології «безглютенового» печива для хворих на целиацію : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів» / О.В. Бабіч. — Київ, 2006. — 20 с.
9. Дробот В.І. Особливості технологічного процесу виготовлення безбілкового хліба / В.І. Дробот, А.М. Грищенко, Л.А. Михонік // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2010. — № 6 (67). — С. 20—22.
10. Сирохман І.В. Товарознавство продовольчих товарів / І.В. Сирохман, І.М. Задорожний, П.Х. Пономарьов : Підручник. — Київ : Лібра, 2007. — 650 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РИСОВОЙ МУКИ В ТЕХНОЛОГИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА**

**Л.А. Михоник, А.Н. Грищенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Статья посвящена исследованию влияния рисовой муки на показатели качества безглютенового хлеба. Приведены результаты пробных выпечек,*

исследовано влияние рисовой муки на показатели технологического процесса и качество изделий из смеси картофельного и кукурузного крахмала. Установлено, что рисовую муку целесообразно использовать в рецептуре изделий из крахмала в количестве до 30%. Исследование содержания ароматобразующих веществ в безглютеновом хлебе с рисовой мукой показало, что их количество увеличивается на 12,7% в сравнении с хлебом из крахмала. Значительно повышается пищевая ценность безглютенового хлеба, в частности в 2,5 раза повышается содержание белков, увеличивается содержание магния, железа, калия и витаминов.

**Ключевые слова:** целиакия, безглютеновый хлеб, рисовая мука, качество хлеба, ароматобразующие вещества, пищевая ценность хлеба.

## 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 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 роздруковок 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, українською та російською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською, українською та російською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською, українською та російською 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, українською та російською 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.