

ISSN 2522-1221 (Print)  
ISSN 2522-123X (Online)

# **ВІСНИК**

## **ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

ВИПУСК 29

ЛЬВІВ  
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО  
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
2022

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. – Вип. 29. – 90 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

### Випуск 28

*Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча перейменовано у Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки.*

*Згідно наказу МОН України № 409 (Додаток 1) від 17.03.2020 Вісник включено до Переліку наукових фахових видань України категорії “Б”.*

*Свідцтво про державну реєстрацію друкованого ЗМІ від 16.06.2016 р. Серія КВ № 22162-12062 ПР.*

*Друкується за ухвалою Вченої ради Львівського торговельно-економічного університету. Протокол засідання Ради № 6 від 4 лютого 2022 року.*

### Редакційна колегія:

**Пелик Леся Василівна**, д.т.н., проф. (головний редактор);  
**Мережко Ніна Василівна**, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);  
**Донцова Інна Вікторівна**, к.т.н., доц. (відповідальний секретар);  
**Арсеньєва Лариса Юріївна**, д.т.н., проф.;  
**Артюх Тетяна Миколаївна**, д.т.н., проф.;  
**Беднарчук Микола Степанович**, к.т.н., проф.;  
**Гаврилишин Володимир Володимирович**, к.т.н., доц.;  
**Доманцевич Ніна Іванівна**, д.т.н., проф.;  
**Доценко Віктор Федорович**, д.т.н., проф.;  
**Дубініна Антоніна Анатоліївна**, д.т.н., проф.;  
**Ємченко Ірина Володимирівна**, д.т.н., проф.;  
**Ковбаса Володимир Миколайович**, д.т.н., проф.;  
**Лозова Тетяна Михайлівна**, д.т.н., проф.;  
**Омельченко Наталя Володимирівна**, к.т.н., проф.;  
**Ошипок Ігор Миколайович**, д.т.н., проф.;  
**Павлова Марія**, Dr hab. inż., проф. (Республіка Польща);  
**Сидоренко Олена Володимирівна**, д.т.н., проф.;  
**Стойкова Теменуга**, Ph.D., доц. (Болгарія);  
**Супрун Наталія Петрівна**, д.т.н., проф.;  
**Тіхосова Ганна Анатоліївна**, д.т.н., проф.;  
**Чурсіна Людмила Андріївна**, д.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – д.е.н., проф. Семак Б. Б.

Видання індексується у наукометричних базах:

**Ulrich's Periodicals, Index Copernicus, Google Scholar, World Cat**

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

DOI: 10.36477/2522-1221

DOI: 10.36477/2522-1221-2022-29

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>



# ЗМІСТ

## ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА

*Височанська О. В.*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СЕНСОРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ  
ЯКОСТІ ПЛАСТИКОВОГО ПОСУДУ..... 5

*Казимиренко Ю. О., Дрозд О. В.*

СИСТЕМНО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЦИКЛІНГУ  
ВИРОБНИЧИХ СКЛЯНИХ ВІДХОДІВ..... 13

*Пушкар Г. О., Пахолук О. В., Галик І. С., Семак Б. Д.*

КЛЮЧОВА РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ НАНОПРОДУКЦІЇ В ПРОЦЕСІ  
ЇЇ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ..... 21

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Лебединець В. Т.*

ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ УПАКОВОК..... 30

*Мартиросян І. А., Пахолук О. В., Голодюк Г. І.*

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОСТІЙКОСТІ ВОЛОКНИСТОЇ ОСНОВИ  
БАВОВНЯНО-ПОЛІЕСТЕРОВИХ ТКАНИН З БІОЦИДНОЮ ОБРОБКОЮ..... 39

## СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Бужанська М. В.*

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОКОЛОЇДІВ – ПЕРЕВАГА  
ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕГЕТАРІАНСЬКИХ СТРАВАХ..... 46

*Гіренко Н. І., Крамаренко Д. П., Дуб В. В.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧИХ ДОБАВОК НА МІКРОСТРУКТУРНІ  
ПОКАЗНИКИ ФАРШУ З М'ЯСОМ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ ПІД ЧАС  
ЗАМОРОЖУВАННЯ-РОЗМОРОЖУВАННЯ..... 53

*Ощипок І. М.*

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ СВИНЯЧОГО М'ЯСА З РІЗНИМ ХОДОМ АВТОЛІЗУ  
ТА МЕТОДИ УСУНЕННЯ ЙОГО НЕСТАБІЛЬНОЇ ЯКОСТІ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ..... 59

*Романовська О. Л.*

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ БІСКВІТІВ З БОРОШНОМ «ЗДОРОВ'Я»..... 66

*Федорів В. М., Підлісний В. В., Семенов О. М., Єрменчук О. О.*

ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОСЮВАННЯ  
НА АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ..... 70

*Ярошенко Н. Ю.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛАВОНОЇДНИХ СПОЛУК У ФІТОПОРОШКУ ІЗ ГІРЧАКА ЗМІЙНОГО  
ТА МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБАХ... 77

## ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Лозова Т. М.*

НАУКОВІ РОЗРОБКИ З ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ  
НА ОСНОВІ БОРОШНА..... 82

# CONTENTS

## THEORY AND PRACTICE OF MODERN MATERIALS SCIENCE AND COMMODITY SCIENCE

*Vysochanska O. V.*

USE OF SENSORY ANALYSIS METHODS FOR QUALITY ASSESSMENT OF PLASTIC WARE.....5

*Kazymyrenko Yu. O., Drozd O. V.*

SYSTEM-ANALYTICAL APPROACH TO INCREASE THE EFFICIENCY OF GLASS  
WASTE RECYCLING.....13

*Pushkar G. O., Pakholiuk O. V., Galyk I. S., Semak B. D.*

THE KEY ROLE OF NANOPRODUCTS STANDARDIZATION  
IN THE PROCESS OF THEIR COMMERCIALIZATION IN UKRAINE.....21

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF LIGHT INDUSTRY

*Lebedynets V. T.*

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF THE INTELLECTUAL PACKAGING DEVELOPMENT...30

*Martyrosian I. A., Pakholiuk O. V., Goloduik G. I.*

INVESTIGATION OF LIGHT RESISTANCE OF THE FIBER BASE  
OF COTTON-POLYESTER FABRICS WITH BIOCIDAL TREATMENT.....39

## MODERN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD TECHNOLOGY

*Buzhanska M. V.*

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HYDROCOLOIDS – ADVANTAGE OF THEIR USE  
IN VEGETARIAN DISHES.....46

*Hirenko N. I., Kramarenko D. P., Dub V. V.*

RESEARCH OF EFFECTS CRYABILIATING ADDITIVES ON MICROSTRUCTURAL  
PARAMETERS OF SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH MEAT AND HYDROIONS  
DURING FREEZING AND DEFROSTING.....53

*Oshchypok I. M.*

CLASSIFICATION CHARACTERISTICS OF PORK MEAT  
WITH DIFFERENT COURSE OF AUTOLYSIS AND METHODS  
OF ELIMINATION OF ITS UNSTABLE QUALITY DURING PROCESSING.....59

*Romanovska O. L.*

MODELING OF THE RECIPE COMPOSITION OF SPONGE CAKE WITH FLOUR “ZDOROVIA”...66

*Fedoriv V. M., Pidlisnyy V. V., Semenov O. M., Yermenchuk O. O.*

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF THE INTENSIFICATION OF THE SCREENING  
PROCESS ON THE ADHESION PROPERTIES OF BULK MATERIALS.....70

*Yaroshenko N. Y.*

STUDY OF FLAVONOID COMPOUNDS IN PHYTOPOWDER FROM SNAKE BITTER  
AND THE POSSIBILITY OF ITS USE IN FLOUR CONFECTIONERY.....77

## CHALLENGES AND PROSPECTS OF THE SYSTEM OF FOOD QUALITY CONTROL

*Lozova T. M.*

SCIENTIFIC DEVELOPMENTS ON IMPROVING THE QUALITY  
OF FLOUR-BASED FOODSTUFFS.....82

## **ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА**

УДК 366.624

**Височанська О. В.,**

*lena3028@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8580-7214,*

*к.т.н., старший викладач кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,  
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

### **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СЕНСОРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЛАСТИКОВОГО ПОСУДУ**

***Анотація.** На сучасному етапі особливої актуальності набуває питання якості пластикового посуду довготривалої експлуатації. У статті подано результати дослідження якості пластикового посуду багаторазового використання різних товаровиробників вітчизняного виробництва та країн Азії. Визначення якості проводили за допомогою сучасного обладнання. На першому етапі експериментальних досліджень визначали відповідність маркувальних даних; наступний етап – дослідження зовнішньої поверхні виробу; третій етап – визначення гігієнічних показників, яке проводилося за допомогою обробки виробів певними модельними розчинами (обиралися з урахуванням того, для контакту з якими харчовими продуктами призначається цей виріб). Нами було обрано модельні розчини контакту посуду з фруктами, ягодами, консервами фруктовими-ягідними (розчин – дистильована вода, 2% розчин лимонної кислоти), а також для контакту з готовими стравами (розчин – дистильована вода, 1% розчин оцтової кислоти). Все проводилося з урахуванням часу контакту харчового продукту з виробом від 2 до 48 годин, тому експозиція для дослідження складала 3 доби. У подальшому оцінювався вплив пластику дослідних зразків на органолептичні показники. Зміну кольору та прозорості водної витяжки визначали візуально, порівнюючи на білому тлі 50 мл витяжки з 50 мл дистильованої води, поміщених у циліндри безбарвного скла. Наступним дослідженням було визначення інтенсивності запаху і присмаку, вираженого у балах. Всі зразки піддавалися дослідженню показника «стійкості барвника», а також «термічної стійкості виробів до гарячої їжі» методом занурювання виробу у воду заданої температури; «хімічної стійкості» - перевіряли зануренням виробів 1% розчином оцтової кислоти, 1% мильно-лужним розчином, попередньо нагрітими до температури (60±5) °С на 10 хв. Враховуючи, що салатник (виготовлений у Китаю) не містив маркувальних даних щодо складу полімеру, було проведено ідентифікацію полімеру за горючістю. Встановлено, що три зразки відповідають вимогам, однак зразки – салатник малий ТДВ «Поліпласт» (Україна) та салатник без маркувальних даних, виготовлений у Китаю, – не відповідають вимогам чинної нормативної документації та не можуть бути допущені до реалізації.*

**Ключові слова:** полімери, посуд, поліпропілен, сенсорний аналіз, органолептичні показники.

**Yssochanska O. V.,**

*lena3028@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8580-7214,*

*Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Commodity Science, Customs Affairs and Quality Management,  
Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

### **USE OF SENSORY ANALYSIS METHODS FOR QUALITY ASSESSMENT OF PLASTIC WARE**

***Abstract.** At the present stage, the issue of quality of long-term use plastic ware becomes especially important. The article presents the results of a study of the quality of reusable plastic ware of various domestic and Asian producers. Quality determination was performed using modern equipment. At the first stage of experimental research, the conformity of labeling data was determined; the next stage is the study of the outer surface of the product; the third stage – the determination of hygienic indicators, which was carried out*

*by processing products with certain model liquids (selected taking into account the contact with which food products this product is intended). We selected model liquids for contact of dishes with fruits, berries, canned fruits and berries (solution – distilled water, 2% citric acid solution), as well as for contact with ready meals (solution – distilled water, 1% acetic acid solution). Everything was carried out taking into account the time of contact of the food product with the plastic ware from 2 to 48 hours, therefore, the exposure for the study was 3 days. Subsequently, the impact of experimental samples of plastic on organoleptic parameters was assessed. The change in color and transparency of the aqueous extract was determined visually by comparing on a white background 50 ml of the extract with 50 ml of distilled water placed in colorless glass cylinders. The next study was to determine the intensity of odor and taste, expressed in points. All samples were subjected to the study of “dye resistance”, as well as “thermal resistance of products to hot food” by immersing the product in water of a given temperature; “chemical resistance” tested by immersion of products in 1% acetic acid solution, 1% soap-alkaline solution, preheated to a temperature of  $(60 \pm 5)$  °C for 10 minutes. Given that the salad bowl (made in China) did not contain labeling data on the composition of the polymer, the identification of polymer by flammability was accomplished. It was found that three samples meet the requirements, but two remaining samples – small salad bowl produced by TDV “Polyplast” (Ukraine) and salad bowl without labeling data, made in China – do not meet the requirements of current regulations and can not be accepted for sale.*

**Key words:** *polymers, ware, polypropylene, sensory analysis, organoleptic parameters.*

**JEL Classification:** C91, L15

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-01>

**Постановка проблеми.** На ринку України представлений широкий асортимент виробів із пластичних мас господарського призначення, які користуються попитом серед споживачів. Більшість пластикового посуду імпортують із країн Азії, однак протягом останніх років спостерігається тенденція збільшення кількості посуду з полімерних мас вітчизняного виробництва. Полімерні матеріали володіють цінними властивостями, багато з яких не притаманні іншим матеріалам. Посуд із пластику легкий, яскравий, зручний у використанні та володіє рядом гігієнічних переваг: вироби менше забруднюються, легше очищуються, більш стійкі до ударів та впливу радіації.

У переважній більшості основною сировиною для пластикового посуду багаторазового використання є поліпропілен. Поліпропілен подібний до поліетилену за зовнішнім виглядом і багатьма іншими властивостями (хімічними, діелектричними), відрізняється від нього здебільшого підвищеною жорсткістю, більшою механічною тривкістю і більш високою теплостійкістю. Температура плавлення в залежності від розміру молекулярної маси знаходиться в межах 160-170°C. Вихідна сировина для поліпропілену – газ пропілен.

З поліпропілену виготовляють вироби господарського призначення, що можна стерилізувати в киплячій воді без будь-яких ознак деформації. Вироби з поліпропілену підходять для багаторазової експлуатації, також їх можна вживати для гарячих напоїв у зв'язку з тим, що полімер не піддається деструкції до 130°C.

Вироби з поліпропілену відрізняються фізіологічною нешкідливістю за умови використання якісної сировини та дотримання всіх умов виробництва, транспортування, зберігання та експлуатації.

Незважаючи на величезний економічний ефект, який досягається під час впровадження у промисловість і побут полімерних матеріалів, не слід забувати про виникнення можливої хімічної небезпеки під час їхньої експлуатації. Основний недолік такої продукції – полімер може виділяти отруйні речовини (в тому числі формальдегід), які здійснюють негативний вплив на організм людини (нирки, верхні дихальні шляхи) та можуть привести до повної втрати зору [1]. Зважаючи на це, актуальним є дослідження, спрямоване на визначення якості пластикового посуду багаторазового використання вітчизняного та імпортного виробництва, який реалізується у роздрібній торгівлі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз останніх досліджень показав, що на сьогодні є актуальним питання дослідження якості пластикових виробів методами сенсорного аналізу у зв'язку з тим, що посуд з пластику займає значний сегмент вітчизняного ринку. Даним питанням займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені: М. В. Бугрим, М. П. Головкин, І. О. Мікульонко, Л. В. Кононенко, Н. В. Мурликіна, Yvonne Lewis, Alexandra Gower, Philippa Notten [2].

З точки зору зручності, економічності та виробництва пластиковий посуд є найбільш бажаним і раціональним, але його недолік – мож-

ливий негативний вплив на організм людини під час експлуатації даного виробу.

Проблеми фальсифікації товарів із пластику, а також використання методів сенсорного аналізу для ідентифікації виробів із пластичних мас відображено О.З. Микитиним у матеріалах конференції «Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів» (Полтавський університет економіки і торгівлі, 2014 р.). Під час ідентифікації виду пластмас цілком можливим та доцільним є використання методу «А – не А» (ISO 8588), який базується на порівнянні двох зразків, що представлені у парі, і виявленні відмінності між ними шляхом віднесення їх або до типу «А», або до не «А». Суть методу полягає у тому, що випробувачу пропонується декілька закодованих зразків, деякі з яких є стандартним зразком «А», інші відрізняються від зразка «А» [3].

Також питанням дослідження якості посуду господарського призначення займаються науковці кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету.

**Постановка завдання.** Дослідження якості пластикового посуду господарського призначення багаторазового використання вітчизняних та імпортованих виробників, зокрема аналіз маркувальних даних, зовнішнього вигляду, визначення гігієнічних показників пластикового виробу для контакту з харчовими продуктами за допомогою методів сенсорного аналізу, а також ідентифікація полімеру за горючістю.

Об'єктом нашого дослідження є пластиковий посуд для контакту з харчовими продуктами багаторазового призначення, який реалізується у магазині Гіпермаркет «Ашан Південний» та магазині «Все від 1 грн» м. Львова. Для проведення порівняльної оцінки якості було відібрано 5 зразків пластикового посуду різних товаровиробників.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У практиці товарознавчо-експертної діяльності для ідентифікації пластичних мас зазвичай використовують сенсорні методи. Під час використання методів сенсорного аналізу для ідентифікації пластичних мас звертають увагу на зовнішній вигляд, фізико-механічні й структурні особливості поверхні, звук під час удару, характер горіння зразка тощо.

Серед чинних в Україні нормативних документів, які використовують для визначення якості посуду з пластмас господарського призначення для контакту з харчовими продуктами, можна відзначити: ДСТУ 2406 «Пластмаси, полі-

мери і синтетичні смоли. Хімічні назви. Терміни та визначення»; ДСТУ 2437 «Вироби із пластмас. Дефекти. Терміни та визначення»; ДСТУ 2887 «Пакування та маркування. Терміни та визначення», ДСТУ 4260 «Тара і пакування спожиткові. Маркування. Загальні вимоги» [4]; ГОСТ Р 50962 «Посуда и изделия хозяйственного назначения из пластмасс» [5], Інструкція № 880 «Інструкція по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами» [6]; регламент (ЄС) № 1935/2004 Європейського Парламенту та Ради «Про матеріали і вироби, призначені для контакту з харчовими продуктами».

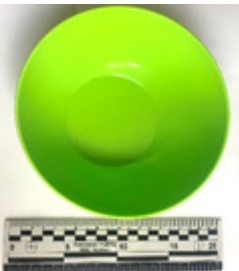

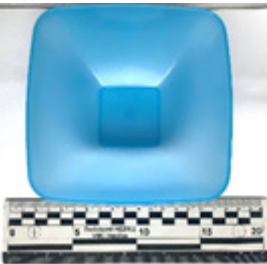



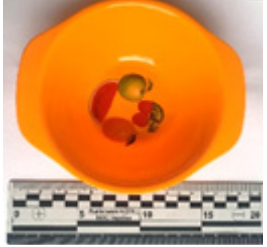
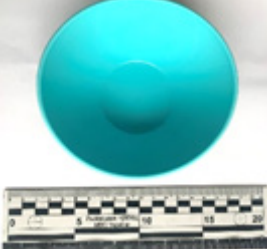

Вироби повинні бути виготовлені тільки з таких полімерів і модифікуючих добавок, які передбачені нормативною документацією, їхні фізико-механічні властивості повинні відповідати вимогам чинних стандартів (ДСТУ і ТУ). Виконання їх гарантується заводами-постачальниками, тому необхідна періодична перевірка товарознавцями. Особливо ретельній і всебічній перевірці повинні піддаватися вироби з нових пластичних мас та нової конструкції.

Експериментальна частина нами проводилася на базі кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету та науково-дослідної лабораторії пожежної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Дослідження якості господарських виробів із пластмас проводили в такій послідовності: першим етапом дослідження була ідентифікація продукції за маркуванням. Маркувальна інформація, нанесена виробником на упаковку відібраних зразків, представлена в таблиці 1.

Маркування виробів із пластмас повинно бути зрозумілим, читабельним, видимим та містити умови експлуатації. На кожен виріб наносять товарний знак підприємства-виробника та його найменування; позначення полімерного матеріалу, з якого виготовлено виріб, та можливість його вторинної переробки; на вироби, які контактують із харчовими продуктами, наносять спеціальне маркування. Допускається нанесення додаткового маркування, яке не погіршує товарний вигляд виробів.

Проаналізувавши інформацію, нанесену на вироби (табл. 1), було встановлено, що лише на зразку № 4 відсутнє маркування щодо складу виробу, можливості повторного перероблення та умов його експлуатації.

Маркувальна інформація, нанесена виробником на упаковку відібраних зразків

№ з/п	Вигляд об'єкта дослідження	Назва виробу, виробник, склад	Маркувальні знаки	Ціна, грн
1		Миска з кришкою 0,8 л, ТОВ «Алена», Україна, пластмаса		31,00
2		Миска-салатниця з кришкою 500 мл, Лонг Лінк трейдінг, Китай, комбінований		22,60
3		Салатник малий, ТДВ «Поліпласт», Україна, поліпропілен		6,00
4		Салатник, Китай	Відсутні	15,00
5		Миска 115x55 мм, Коопман Інтернешнл Б.В., Туреччина, поліпропілен		38,65

Виріб, на якому вказаний значок трикутника, що складається з 3-х стрілок, означає, що цей пластиковий посуд можна використовувати для повторного перероблення. Знак «Келих-вилка» – виріб виготовлений із нетоксичного безпечного матеріалу, який може застосовуватися для зберігання різних видів їжі. Маркування у вигляді «сні-

жинки» – можливість заморожувати; «хвилі» – можливість використання у мікрохвильовій печі; «посуд під душем» – можливість миття посуду в посудомийній машині.

Результати оцінки маркування показали, що зразки № 1, 2, 3, 5 виготовлені з поліпропілену, який можна використовувати для повторного



перероблення та призначений для контакту з харчовими продуктами. Зразки № 1, 2, 5 допускається мити у посудомийній машині. Використовувати у мікрохвильовій печі можна зразок № 1, 2. Особливістю зразка №1 у порівнянні з іншими є можливість його використовувати для заморожування продуктів.

Зразки № 1 та № 3 вітчизняного виробництва – ТОВ «Алена» та ТДВ «Поліпласт» відповідно, № 2 і № 4 – країна-виробник Китай, № 5 Туреччина.

Ціни відібраних зразків знаходяться в діапазоні від 6,00 грн до 38,65 грн; найдешевший зразок № 3 – його вартість складає 6,00 грн (країна-виробник – Україна), найбільша – 38,65 грн (країна-виробник – Туреччина).

З огляду на вимоги до маркування ДСТУ 4260 полімерного посуду господарського призначення для контакту з харчовими продуктами зразок №4 не відповідає вимогам нормативних документів.

Сенсорний аналіз товарів – це результат комплексного процесу, який включає сприймання органами чуттів та подальшу інтерпретацію отриманої інформації нервовою системою людини. Сенсорний метод швидко, об'єктивно і надійно дає загальне враження про якість виробу. Використання сенсорних методів пояснюється їх експресністю, відносною дешевизною та комплексністю [7].

Наступним етапом було дослідження органолептичних показників на відповідність вимогам ГОСТ Р 50962 та Інструкції №880. При органолептичних методах розпізнавання пластичних мас звертають увагу на зовнішній вигляд, фізико-механічні й структурні особливості поверхні, звук під час удару, на характер горіння зразка тощо.

Вироби з поліпропілену відрізняються непрозорістю, поверхня є блискучою, гладкою, середньої твердості, слабко еластична. У порівнянні з поліетиленом поліпропілен є твердіший, менш еластичний, поверхня його більш гладка. Виріб повинен мати рівномірно пофарбовану поверхню без плям, здуття, тріщин, розшарувань і раковин. Припускається матовість поверхні, якщо це обумовлено фасоном або малюнком. Форма і розміри виробу повинні відповідати затвердженим зразкам-еталонам і технічному опису. На зовнішній поверхні виробів припустимі в обмеженій кількості лише крапкові вкраплення (діаметром до 0,3 мм) і легкі добре заповіровані подряпини, якщо вони не псують зовнішнього вигляду виробів. При виготовленні виробів методом лиття під тиском не допускається висота або глибина слідів від формуючого інструменту, яка перевищує

0,5 мм, а також місце зрізу литника повинно бути добре оброблено.

Зовнішній вигляд, колір, форму виробів, стан поверхні та наявність дефектів оцінювали візуально та з вимірювальними інструментами. За результатами органолептичної оцінки досліджувані зразки № 1, 2, 3, 5 відповідають вимогам якості стандарту і не мають ніяких дефектів. Проте зразок № 4 має недопустимий дефект – висота сліду формуючого інструменту від литника становить 0,65 мм.

Третій етап дослідження – визначення гігієнічних показників. Органолептичні властивості витяжок є одним із важливих показників при дослідженні виробів із полімерних матеріалів, які контактують із харчовими продуктами, – визначають наявність каламуті, осаду, стороннього запаху, смаку та присмаку.

Для гігієнічної оцінки пластмас «харчового призначення» є раціональним якісне та кількісне визначення компонентів полімеру, які мігрують у питну воду і харчові продукти. Однак аналіз хімічних компонентів, які мігрують із пластмас у харчові продукти, є важким завданням завдяки складності харчових продуктів. Тому найбільш зручним середовищем для якісного і кількісного визначення хімічних речовин є вода, бо її склад відносно простий і більш-менш стабільний. Модельні середовища імітують окремі види харчових продуктів за найбільш характерними ознаками [8].

Досліджувані зразки виробів після відповідного миття піддавали обробці певним модельним розчином, що вибирається в залежності від того, для контакту з якими харчовими продуктами призначається цей виріб. Нами було обрано для контакту посуд із фруктами, ягодами та консервами фруктово-ягідними (модельний розчин 1 – дистильована вода, 2% розчин лимонної кислоти), а також для контакту з готовими стравами (модельний розчин 2 – дистильована вода, 1% розчин оцтової кислоти). Враховувався час контакту харчового продукту з виробом від 2 до 48 годин, тому експозиція для дослідження складала 3 доби. Вироби, призначені для контакту з харчовими продуктами за температури навколишнього середовища, заливають модельними розчинами кімнатної температури; при контакті з підвищеними температурами заливають нагрітий розчин і витримують протягом вищевказаного часу.

Зміну кольору та прозорості водної витяжки визначали візуально, порівнюючи на білому тлі 50 мл витяжки з 50 мл дистильованої води, поміщених у циліндри з безбарвного скла. Інтенсив-

ність запаху і присмаку, виражену в балах (за п'ятибальною шкалою у відповідності з міжнародним стандартом ISO 3972 та ISO 5496 [9-10]), всіх досліджуваних зразків наведено у таблицях 2-3 (середньоарифметичне значення органолептичної оцінки 5 дегустаторів). Балова оцінка присмаку та запаху: 0 – ніякого запаху та присмаку (відсутність відчутного запаху, присмаку), 1 – дуже слабкий (запах та присмак ледь помітні), 2 – слабкий (запах і присмак відчуються), 3 – помітний (запах і присмак легко помітні), 4 – чіткий (запах і присмак легко звертають на себе увагу та викликають неприємні відчуття), 5 – дуже сильний (запах і присмак настільки сильні, що викликають сильні неприємні відчуття). Якісне визначення запаху і присмаку проводять за температури 20 та 60±5°C у спеціально поставлених для цього аналізу пробках. Герметично закриті ємності відкривають тільки під час аналізу. При оцінці в балах середня інтенсивність допустимого запаху і присмаку витяжки не повинна перевищувати 1 бал.

Таблиця 2

**Інтенсивність запаху і присмаку  
(модельний розчин 1)**

t °C модельного розчину	Номер досліджуваного зразка				
	1	2	3	4	5
кімнатної температури	0	0	1	2	0
під час нагрівання	0	1	1	4	0

У відповідності до даних таблиці 2 органолептичної оцінки витяжок із полімерних матеріалів зразки № 1 та 5 не мали ніякого присмаку та запаху; зразки № 2 та № 3 – дуже слабкий запах та присмак, який є допустимим; однак зразок № 4 мав слабкий запах та присмак при кімнатній температурі розчину та чіткий під час нагрівання розчину та відбулася зміна витяжки, що є недопустимим.

Таблиця 3

**Інтенсивність запаху і присмаку  
(модельний розчин 2)**

t °C модельного розчину	Номер досліджуваного зразка				
	1	2	3	4	5
кімнатної температури	0	0	2	3	0
під час нагрівання	0	1	2	5	0

Провівши дослідження, також було виявлено для зразків № 3 та 4 зміну забарвлення нагрітого розчину. Є підстави зробити такі висновки, що зразки № 3 та № 4 не відповідають вимо-

гам якості. Зміни запаху і смаку можуть бути пов'язані з наявністю у матеріалі продуктів термічного і окисного розпаду, каталізаторів, затверджувачів та інших речовин, які можуть переходити в харчові продукти.

Отже, після обробки зразків двома модельними розчинами встановлено, що у зразків № 1, 2, 5 відсутній перехід у контактуюче з полімерним матеріалом середовище речовин, що погіршують його органолептичні показники (запах, колір, смак, прозорість), каламутність, осад також відсутній у всіх зразках.

Згідно із завданням проведення дослідження було обрано показник для дослідження – «стійкість барвника». Міграцію барвника перевіряли п'ятикратним протиранням виробу білою бавовняною тканиною, попередньо змоченою водою температури 30-40°C. Стійкість забарвлення (зникнення барвника) оцінюють за відсутністю слідів барвника на білій вологій бавовняній тканині після п'ятикратного випробування тертям виробу. Міграція барвника у виробках із пластичних мас не допускається. Таким чином, нами було встановлено відсутність міграції барвника у всіх зразків.

Вироби з пластичних мас, призначених для контакту з продуктами харчування, випробовують на стійкість до гарячої води. Стійкість виробів, що контактують із гарячими продуктами, перевіряли шляхом повного занурення у воду температурою (60±5°C). Після витримки протягом 10-15 хвилин виріб виймали (видаляли воду), охолоджували і насухо протирали. Після випробування виріб повинен зберегти колір, залишатися без видимих змін, не деформуватися, без утворення тріщин у порівнянні з контрольним зразком, а вода поза чи всередині не повинна фарбуватися. Можна зробити висновок, що всі вироби, які нами досліджувалися за стійкістю до гарячої води, відповідають вимогам стандарту.

Хімічну стійкість посуду перевіряли зануренням виробів 1 % розчином оцтової кислоти (на 10 хвилин) та 1 % мильно-лужним розчином (на 20 хвилин), попередньо нагрітим до температури (60±5)°C. Потім вироби виймають із розчину, промивають холодною водою і протирають насухо. Після закінчення витримки виріб при порівнянні з контрольним зразком не повинен набухати і деформуватися, колір виробу не повинен змінитися, а розчин повинен залишатися безбарвним, прозорим та без осаду.

Перевіривши вироби № 1, 2, 5 на хімічну стійкість, видно, що вони не набухли і не деформува-

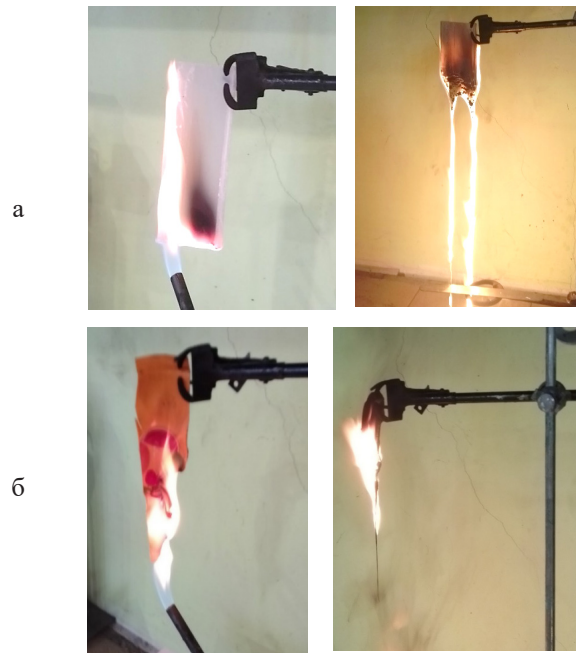
лися у порівнянні зі зразком-еталоном, а розчин не змінив забарвлення. Зразки № 3 та № 4 виробу змінили забарвлення, що є недопустимим.

Враховуючи відсутність маркування зразка № 4 щодо складу полімеру, було вирішено провести його ідентифікацію. Найпростішим і швидким способом встановлення природи пластмас є визначення характеру горіння матеріалу. Результати такого визначення разом із даними зовнішнього огляду виробу в більшості випадків дозволяють товарознавцю досить точно встановити природу пластмаси. Встановлення природи пластичних мас доцільніше за все починати з визначення кольору, прозорості, гнучкості, характеру зламу, здатності до розм'якшення при нагріванні до 70-80 °С, запаху та характеру горіння. Провівши візуальний огляд, зроблено висновок, що найімовірніше виріб вироблений із поліпропілену. Для підтвердження у подальшому запропоновано провести ідентифікацію пластику методом горіння за ГОСТ 12.1.044. На рисунку 1а зображено вплив вогню на досліджуваний зразок, прийнятий нами за еталон, – поліпропілену; на рисунку 1б зображено вплив вогню на досліджуваний зразок № 4.

Під час процесу впливу вогню на досліджуваний зразок № 4 спостерігалось горіння слабким полум'ям, відбувалось оплавлення полімеру з його підтіканням (витягувався у нитки), помічалось полум'я блакитне біля основи та жовте зверху, з виділенням диму, після винесення з полум'я зразок продовжував горіти, відчувався характерний запах продуктів згорання паленої гуми. Виходячи з вищенаведеного та здійснивши порівняння з еталоном, можна зробити висновок, що сировиною для виробу зразка № 4 є поліпропілен.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Споживачам необхідно уважно ставитися до вибору посуду, виробленого з пластичних мас. Пластиковий посуд повинен мати сертифікат якості, результати гігієнічної оцінки, де вказано склад продукції, відповідність нормативному документу і дозвіл до застосування. Однак слід зазначити, що посуд із пластичних мас не підлягає обов'язковій сертифікації. Наявність цих документів може бути гарантією того, що товар не завдасть шкоди здоров'ю споживачів.

Вироби з пластику, призначені для прямого та непрямого контакту з харчовими продуктами, повинні бути достатньо інертними, щоб не допустити перенесення речовин на харчові продукти у кількості, що становить небезпеку для



**Рис. 1. Процес впливу вогню на досліджуваний зразок: а еталону – поліпропілен, б – зразок № 4**

людей або викликає неприпустимі зміни у складі харчових продуктів або погіршення їх органолептичних властивостей.

Пластиковий посуд відмінно підходить для тривалого зберігання круп, макаронних виробів, борошна, спецій, однак необхідно з обережністю зберігати агресивні харчові продукти, наприклад такі як, ягоди, помідори, а також страви, що містять оцет.

На першому етапі експериментальних досліджень визначали відповідність маркувальних даних; наступний етап – дослідження зовнішньої поверхні виробу; третій етап – визначення гігієнічних показників, яке проводилося за допомогою обробки виробів певними модельними розчинами (обиралися з урахуванням того, для контакту з якими харчовими продуктами призначається цей виріб). В подальшому оцінювався вплив пластику дослідних зразків на органолептичні показники. Всі зразки піддавалися дослідженню показника «стійкості барвника»; а також «термічної стійкості виробів до гарячої їжі» методом занурювання виробу у воду заданої температури; «хімічної стійкості» - перевіряли зануренням виробів 1% розчином оцтової кислоти, 1% мильно-лужним розчином. Враховуючи, що салатник (виготовлений у Китаю) не містив маркувальних даних щодо складу полімеру, було проведено ідентифікацію полімеру за горючістю.

Отже, можемо зробити висновки, що зразок: миска з кришкою виробник ТОВ «Алена»

(Україна), миска-салатниця з кришкою виробника Лонг Лінк Трейдінг (Китай) та миска виробника Коопман Інтернешнл Б.В. (Туреччина) - відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Салатник малий виробника ТДВ «Поліпласт» (Україна) та салатник країни-виробника Китай (який не має жодних маркувальних даних) не відповідають вимогам Інструкції № 880 та регламенту (ЄС) № 1935/2004 Європейського Парламенту та Ради «Про матеріали і вироби, призначені для контакту з харчовими продуктами» та не можуть допускатися до реалізації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Кононенко Л.В. Ідентифікація пластмас: опорні конспекти лекцій / уклад.: Л.В. Кононенко, Н.В. Мурлікіна ; Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2012. 63 с.
2. Single-USE Beverage cups and their alternatives : веб-сайт. URL: [https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/UNEP-D002-Beverage-Cups-Report\\_lowres.pdf](https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/UNEP-D002-Beverage-Cups-Report_lowres.pdf).
3. Микитин О.З. Використання методів сенсорного аналізу для ідентифікації виробів з пластичних мас. *Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 18-20 березня 2014 р.). Полтава, 2014. С. 95–97.
4. ДСТУ 4260:2003. Тара і пакування спожиткові. Маркування. Загальні вимоги [Чинний від 2004-01-10]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.
5. ГОСТ-Р 50962-96. Посуда и изделия хозяйственного назначения из пластмасс. Общие технические условия [Введен 1998-01-01]. 1996. 456 с.
6. Инструкция № 880-71 Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами [Введен 1971-02-02]. 230 с.
7. Основи сенсорного аналізу харчових продуктів : навч. посіб. / О.Б. Ткаченко, Н.В. Каменева, О.О. Тіглова та ін. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 334 с.
8. Макаришина К. Оцінка якості та безпечності посуду із полімерних матеріалів. *Збірник наукових робіт за підсумками наукової конференції Минуле, сучасне, майбутнє*. Одеса : ОНЕУ, 2014. № 4, т. 2. С. 217–221.
9. ДСТУ ISO 3972:2004 Аналіз органолептичний. Метод дослідження смакової чутливості [Чинний від 2006-01-05]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 11 с.
10. ДСТУ ISO 5496:2013 Дослідження сенсорне. Методологія. Навчання фахівців виявляти та розпізнавати запахи [Чинний від 2014-11-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2013. 20 с.

#### REFERENCES:

1. Kononenko, L. V. (2012), *Identyfikatsiia plastmas: oporni konspekty leksij / uklad.: L. V. Kononenko, N. V. Murlykina; Kharkivsk'kyj derzhavnyj universytet kharchuvannia ta torhivli, KhDUKhT, Kharkiv, 63 s.*
2. Single-USE Beverage cups and their alternatives : веб-сайт, available at: [https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/UNEP-D002-Beverage-Cups-Report\\_lowres.pdf](https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/03/UNEP-D002-Beverage-Cups-Report_lowres.pdf).
3. Mykytyn, O. Z. (2014), *Vykorystannia metodiv sensornoho analizu dlia identyfikatsii vyrobiv z plastychnykh mas, Aktual'ni problemy teorii i praktyky ekspertyzy tovariv : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (m. Poltava, 18-20 bereznia 2014 r.), Poltava, s. 95-97.*
4. DSTU 4260:2003. Tara i pakovannia spozhytkovi. Markovannia. Zahal'ni vymohy [Chynnyj vid 2004-01-10]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 16 s.
5. HOST-R 50962-96. Posuda y yzdelyia khoziajstvennoho naznachennia yz plastmass. Obschye tekhnicheskyye uslovyia [Vveden 1998-01-01]. 1996. 456 s.
6. Ynstruktsiia №880-71 Ynstruktsiia po sanyarno-khymycheskomu yssledovanyiu yzdelyj, yzghotovlennykh yz polymernykh y druhykh syntetycheskykh materyalov, prednaznachennykh dlia kontakta s pyshevymy produktamy [Vveden 1971-02-02]. 230 s.
7. Osnovy sensornoho analizu kharchovykh produktiv : navch. posib., O. B. Tkachenko, N. V. Kameneva, O. O. Titlova ta in. (2020), *Vydavnychyj dim «Hel'vetyka», Odessa, 334 s.*
8. Makaryshyna K. (2014), *Otsinka iakosti ta bezpechnosti posudu iz polimernykh materialiv, Zbirnyk naukovykh robit za pidsumkamy naukovoї konferentsii Mynule, suchasne, majbutnie, ONEU, Odessa, №4, t. 2, s. 217-221.*
9. DSTU ISO 3972:2004 Analiz orhanoleptychnyj. Metod doslidzhennia smakovoї chutlyvosti [Chynnyj vid 2006-01-05]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004. 11 s.
10. DSTU ISO 5496:2013 Doslidzhennia sensorne. Metodolohiia. Navchannia fakhivtsiv vyavlyaty ta rozpoznavaty zapakhy [Chynnyj vid 2014-11-12]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2013. 20 s.

*Стаття надійшла до редакції 02.01.2022*

УДК 666.75

**Казимиренко Ю. О.,**

*u.a.kazimirenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7120-8226, Researcher ID: U-2788-2017, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

**Дрозд О. В.,**

*oksanadrozid183@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0135-8659, Researcher ID: AA-1138-2022, кандидат технічних наук, доцент, декан енерготехнічного факультету Херсонського навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон*

## **СИСТЕМНО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЦИКЛІНГУ ВИРОБНИЧИХ СКЛЯНИХ ВІДХОДІВ**

**Анотація.** Стаття присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми впровадження безвідходних технологій на виробничих підприємствах, які застосовують для виготовлення своєї продукції листове скло. Проблемними питаннями роботи з листовим склом на підприємствах виробництва світлопрозорих конструкцій (вікон, засклених дверей, світлопрозорих фасадів вітражів тощо) є великі витрати праці та часу на сортування, відвантаження та транспортування скляних обрізків і бою до місць їх переробки. Задля підвищення ефективності використання відходів пропонується застосування технологій рециклінгу – переробки скляних відходів у корисну продукцію. Для реалізації поставленої мети використано системно-аналітичний підхід з застосуванням інформаційно-довідникової системи. За ідентифікаційні ознаки системи прийнято цільове призначення, хімічний склад скла, тип структури, теплова історія, вартісні показники. Запропонована технологічна схема, яка ґрунтується на етапах експертизи скляних відходів, здрібнення їх на порошок з наступним спіканням його на піноскло.

Процес рециклінгу скляного бою являє собою складну систему, яку досліджено за допомогою побудови причинно-наслідкової діаграми Ісікави, де за інформативний критерій обрано коефіцієнт його використання. Виявлена картина демонструє можливість підвищення ефективності переробки скляних відходів на новий матеріал – піноскло шляхом скорочення енерговитрат на термообробку листового скла після розкрою та різання, зменшення енергії на його подрібнення через низьку мікротвердість скляного порошку і розширення можливості підприємств за рахунок створення на їх базі додаткових цехів з виробництва піноскла з метою його подальшого продажу або застосування для утеплення службових приміщень. Техніко-економічне обґрунтування підкріплено експериментальними результатами досліджень морфологічних і фізико-механічних характеристик скляних порошоків та аналізу фізико-хімічних процесів виробничого циклу. Одержані результати спрямовані на скорочення обсягів виробничих відходів та вирішення проблеми їх утилізації.

**Ключові слова:** рециклінг скляних відходів, виробництво, порошок, здрібнення, спікання, ефективність, системний аналіз.

**Казимиренко Ю. О.,**

*u.a.kazimirenko@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7120-8226>, Researcher ID: U-2788-2017, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Associate Professor Department of Materials Science and Technology Dept Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolajev*

**Drozid O.V.,**

*oksanadrozid183@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0135-8659, Researcher ID: AA-1138-2022, Associate Professor, Dean of Power Engineering Faculty, Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson*

## **SYSTEM-ANALYTICAL APPROACH TO INCREASE THE EFFICIENCY OF GLASS WASTE RECYCLING**

**Abstract.** The article is devoted to the solution of urgent scientific and practical problem of implementation of non-waste technology in production enterprises, which use sheet glass for manufacturing products.

*The problematic issues of handling sheet glass in factories producing translucent structures (windows, glazed doors, translucent facades of stained glass, etc.) are high labor costs and time for sorting, shipment and transportation of glass scraps and breakage to the places of their processing. To increase the efficiency of waste utilization, we propose the use of recycling technologies – recycling glass waste into useful products. The system-analytical approach with the use of the information and reference system was used to implement the objectives. The target purposes, chemical composition of glasses, type of structure, thermal history, and cost indicators are taken as identification features of the system. The technological scheme, based on the stages of examination of glass waste, grinding it into powder followed by sintering it into foam glass is proposed.*

*The process of glass breakage recycling is a complex system, which is investigated with the help of the constructed Ishikawa cause-effect diagram, where the coefficient of its use is chosen as an informative criterion. The revealed picture shows the possibility of increasing the efficiency of glass waste recycling into a new material – foam glass by reducing energy consumption for thermal treatment of sheet glass after cutting, reducing the energy of grinding due to the low microhardness of glass powder and expanding the capacity of enterprises through establishing the additional fabrication shops to produce foam glass for its further sale or insulation of the office premises. The investigation is supported by experimental results of studies of morphological and physical-mechanical characteristics of glass powders and analysis of physical-chemical processes of the production cycle. The obtained results are aimed at reducing the volume of production waste and solving the problem of its disposal.*

**Key words:** glass waste recycling, production, powder, grinding, sintering, efficiency, system analysis.

**JEL Classification:** O32

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-02>

**Постановка проблеми.** Впровадження технологій енергозбереження включає у себе розширення українського ринку світлопрозорих конструкцій, які забезпечують надійну шумо- і теплоізоляцію та виконують функцію несучих конструкцій «скляних домів», офісних приміщень, зимових садів, сонцезахисних систем, огорожень зі скла [1]. Ефективність їх застосування та проблемні питання розглянуті авторами робіт [1–3]. В залежності від призначення площа скління може займати від 14,3...18,3% до 100% площі фасадів [4, с. 9–17]. Індивідуальність замовлень та спадок вітчизняного скляного виробництва в умовах економічної кризи [5] обумовлює поставки скла із закордонних виробництв. Утворені під час технологічного циклу виробів відходи зазнають подальшого транспортування у місця переробки, на що витрачаються власні кошти підприємства. Одним із шляхів вирішення проблемних питань поводження з виробничими відходами з метою підвищення ефективності їх використання є розробка та впровадження технологій рециклінгу, тобто переробки відходів на корисну продукцію [6, с. 158–185].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Економічна ефективність рециклінгу скляних відходів обумовлена дефіцитом вітчизняної сировини (різномірний кварцового піску, доломіту, соди, крейди, гіпсу, поташі тощо) і високими енерговитратами на процеси скловаріння [7]. За даними роботи [8, р. 80–82], українські заводи використовують близько 35...40% склобою, що

складатиме близько 350...400 тис. тон склобою на рік. Проте 10% з них становлять внутрішні виробничі відходи, решта транспортується із Білорусі ( $\approx 63\%$  від всього імпорту), Угорщини ( $\approx 21\%$ ), Литви ( $\approx 13\%$ ), Молдови ( $\approx 1,5\%$ ). Тобто скляний бій являє собою стратегічно важливу сировинну базу, застосування якої приводить до:

1) зменшення викидів  $\text{CO}_2$  під час плавлення вихідних компонентів при скловарінні за загальноприйнятою технологією [7];

2) зниження температурних режимів обладнання за рахунок суттєвої різниці у діапазонах варіння скла з вихідних шихтових матеріалів та розм'якшенням скляного бою;

3) можливості розширення функціонального призначення скла за рахунок додавання різноманітних відходів, зокрема листового, забарвленого скла, бою тари і посудних виробів тощо.

Проблемам рециклінгу виробничих відходів присвячено чимало наукових праць, у яких розглядаються правові, економічні, екологічні, логістичні аспекти. Так, в роботі [6, с. 158–185] автори будують концепцію взаємодії об'єднаних територіальних громад з учасниками процесу рециклінгу побутових відходів, роблять порівняльний аналіз відмінних рис вторинних ресурсів та відходів. В роботі [9, с. 41–45] пропонується основна схема сортування і утилізації скляних відходів, яка включає у себе сортування виробів за кольором, подрібнення, селективне або централізоване накопичення. При цьому великою проблемою є різний хімічний склад зібраного

скла, що не підходить до виготовлення світлої склотари та багатьох інших виробів. Проте це не є недоліком для підприємств світлопрозорих конструкцій, для виготовлення яких більшість підприємств застосовують термopolіроване скло (флот-скло), що виробляється за відомими класичними технологіями [10]. Враховуючи масштабність скління та обсяги утворення виробничих відходів, виникає необхідність зв'язку наукових розробок в області неорганічного матеріалознавства з бізнес-проектами. Теоретичними і практичними передумовами є:

1) досвід авторів роботи [11, с. 222–225] щодо виготовлення порошку із скляних відходів, який далі використовується у виробництві ізоляційної продукції (піноскла, скловати тощо), керамічної сантехніки, цегли, у ландшафтному дизайні, виготовленні композиційних матеріалів, зокрема абразивів;

2) дослідження процесів структуроутворення піноскла з використанням у складі шихти значної кількості (85%) бою віконного скла [12, с. 79–85];

3) власний доробок авторів статті з технології виготовлення скляних порошоків шляхом переробки бою кришталевого посуду та його використання для композиційних матеріалів і покриттів [13, с. 180–185].

На підставі виконаного аналізу слід зробити висновок, що підвишити ефективність рециклінгу скляних відходів на виробничих підприємствах можливо в результаті місцевої переробки на новий матеріал – піноскло з наступним його місцевим застосуванням або продажем. Розробка технологічного циклу з реалізацією у ньому існуючого виробничого обладнання вимагатиме застосування системно-аналітичного підходу.

**Мета роботи** – за допомогою системно-аналітичного підходу визначити шляхи підвищення ефективності використання скляних відходів на підприємствах з виробництва світлопрозорих конструкцій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Методологія досліджень полягатиме у формуванні цілісної системи ідентифікаційних ознак, аналітичному підборі інструментарію досліджень, систематизації інформації з формуванням причинно-наслідкових зв'язків та використанні електронних ресурсів.

В основу теоретичного обґрунтування процесу покладено уявлення про рециклінг скляних виробничих відходів як про складну систему з аналізом фізико-хімічних процесів на всіх технологічних етапах. Сутність флоат-методу одержання скла полягає у горизонтальному формуванні скляної маси на розплаві металу (зокрема

олова або титану), що виключає необхідність у його шліфуванні та поліруванні. Під час охолодження утворюється поверхневий тріщинуватий шар, який змінюється при наступному обробленні. В роботі [14, с. 109–114] автором розкрито переваги методу іонного обміну, який полягає у витісненні іонів Na іонами K і має поширене використання для стекол товщиною 2-3 мм. Проте, незважаючи на те, що іонно-обмінне скло матиме кращі оптичні якості ніж термічно оброблене, величина залишкових напружень у них є значно більшою. На підприємствах з виробництва світлопрозорих конструкцій скло зазнає розкряку за певними розмірами, випалу, різного виду механічної обробки лазерними інструментами. З'єднання скла у багатошарові елементи відбувається за допомогою адгезійних шарів з полівінілбутиральної (PVD), етил-вініл-ацетатної (EVA), поліуретанової плівки або заливальних полімерів, які додають пакетам опору до руйнування в умовах вібрацій або силового навантаження. Виходячи з вищевикладеного, слід виділити наступні ідентифікаційні ознаки, за якими буде відбуватися процес рециклінгу скляних відходів, це: цільове призначення майбутньої продукції, хімічний склад скла, тип структури, теплова історія і вартісні показники (табл. 1).

Таблиця 1

**Ідентифікаційні ознаки**

Ідентифікаційні ознаки	Приклади
Цільове призначення піноскла	Теплова ізоляція для виробничих цехів з метою скорочення витрат на опалення Продаж піноскла для подальшого його застосування у будівництві, рефрижерації, суднобудуванні
Хімічний склад скла	Скло систем $R_2O-PbO-SiO_2$ , $SiO_2-Al_2O_3-Li_2O$ , $SiO_2-TiO_2-Al_2O_3-B_2O_3$ , модифіковані $TiO_2$ , $SnO_2$ , $Mn_2O_3$ , $CuO$ , $CoO$
Тип структури	Аморфна, з наявністю одиночних кристалів, з поверхневим закристалізованим мікрошаром
Теплова історія	Випалене, інтенсивно загартоване Застосовано менш інтенсивні режими термообробки або іонний обмін, термічна кристалізація
Вартісні показники	Можливість знизити $\approx$ на 50% собівартості за рахунок використання місцевої сировинної бази

Методологія системного підходу для вирішення економічних задач у виробничому секторі, яка висвітлена в роботі [15], дає змогу розглядати процес підвищення ефективності рециклінгу як цілісної множини елементів зі встановленням зв'язку між ними та аналізом фізико-хімічних процесів на кожному технологічному етапі. Експериментальна частина досліджень полягатиме у діагностиці скляних уламків за виділеними ідентифікаційними ознаками, одержанні пробної партії порошку, підборі технологічних чинників виготовлення піноскла. Для подальшої систематизації одержаних під час досліджень даних використано авторський електронний каталог композиційних і неметалічних матеріалів [16, с. 19–24]. Система містить каталоги документально-фактографічного типу: «*Component Data*» (містить інформацію про порошки, волокна, наповнювачі); «*Non-metal Data*» (зосереджені дані про неметалеві матеріали); «*Composite Data*» (містить інформацію про композиційні матеріали); «*Protective Coatings Data*» (призначено для обробки та зберігання даних щодо пошкодження матеріалів в екстремальних умовах експлуатації). Поряд з довідниковими даними до каталогу заносяться експериментальні результати та цифрові мікрофотографії, які підкріплені описом особливостей структури і властивостей та прикладами застосування.

Для дослідження виробничих можливостей та чинників перетворення скляних відходів на піноскло застосовано графічний метод побудови діаграми Ісікави, за допомогою якого можливо з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки процесу рециклінгу як складної системи [15]. За інформаційний критерій обрано коефіцієнт використання скляних відходів – співвідношення обсягу переробленого бою до загального обсягу відбракованого, уламкового, обрізного скла. У графічному виконанні діаграма матиме вигляд скелету риби (рис. 1). Фактори, які загострюють проблему, позначені великими стрілками з нахилом вправо і знаходяться знизу головної стрілки – мети проекту; фактори, що нейтралізують проблему – з нахилом вліво, тобто зверху головної стрілки. Проблемами другого порядку є «дрібні кісточки».

Побудована діаграма дає комплексне уявлення про реалізацію на підприємствах пілотних проєктів з рециклінгу скляних відходів. Так, матеріально-технічна проблема не можлива без створення дослідницької лабораторії

Побудована діаграма дає комплексне уявлення про реалізацію на підприємствах пілотних проєктів з рециклінгу скляних відходів. Так, матеріально-технічна проблема не можлива без створення дослідницької лабораторії



Рис. 1. Причинно-наслідкова діаграма Ісікави



рення дослідницької лабораторії та обладнанням додаткового цеху з виготовлення піноскла. Для цього необхідно розглянути аспекти взаємодії з постачальниками та ринком збуту, а також вирішити питання з модернізації та амортизації обладнання, що також є невід’ємною частиною розширення виробництва. Нейтралізувати витрати на поставлені проблемні питання можливо через впровадження енергоефективних заходів за рахунок зниження температурно-часових діапазонів та зменшення потужностей обладнання. Застосування виготовлення на виробництві піноскла доцільно використовувати для утеплення приміщень, що також є невід’ємною частиною підвищення енергоефективності. Позитивними факторами для реалізації визначених заходів є забезпеченість виробничого підприємства висококваліфікованими кадрами, що також допоможе впровадити безвідходне виробництво.

Конкурентоспроможність виробничої технології оцінена за допомогою матричного методу

стратегічного аналізу – Swot-аналізу, який надає оцінку сильним та слабким сторонам проекту рециклінгу та дозволить виявити загрози та розкрити можливості (табл. 2).

З позицій системного аналізу фізико-хімічний процес рециклінгу можна розглядати як окремо процес структуроутворення та кінетичний процес, який вимагатиме технологічної підтримки (табл. 3).

Спочатку скляні відходи зазнають сортування за призначенням (транспортне, листове тощо), галуззю застосування (технічне, будівельне, побутове), видом декорування та додаткової обробки (з піскоструменною обробкою, лазурним гравіруванням, затемнені, матові, травлені тощо). З кожного різновиду для досліджень і систематизації інформації обираються зразки-свідки (рис. 2а). Порошок одержується механічним дробленням уламків на дробарках до крупності 10-20 мм, а потім здрібнення до дисперсності 50...100 мкм, для чого можна

Таблиця 2

**Ситуаційний аналіз технології рециклінгу виробничих скляних відходів**

<b>Сильні сторони (Strengths)</b>	<b>Слабкі сторони (Weakness)</b>
1. Наявність виробничих потужностей та висококваліфікованих кадрів 2. Використання та повне завантаження виробничого обладнання 3. Формування цін на продукцію з урахуванням виробничих відходів 4. Скорочення витрат на транспортування скляного бою до місць переробки	1. Зростання витратів на улаштування додаткового цеху для виготовлення піноскла 2. Зростання витратів на організацію обладнання дослідницької лабораторії 3. Придбання обладнання для подрібнення скляних відходів 4. Можливість зростання собівартості продукції
<b>Можливості розвитку (Opportunities)</b>	<b>Загрози (Threats)</b>
1. Безвідходне виробництво 2. Розширення ринку збуту продукції за рахунок виробництва піноскла 3. Скорочення витрат на опалення за рахунок теплоізолювання цехів власним продуктом 4. Розробка власних антикризових заходів	1. Зростання цін на енергоносії 2. Поява нових конкурентів 3. Зростання цін на вихідну продукцію 4. Прибутковість технології виготовлення піноскла

Таблиця 3

**Рециклінг виробничих скляних відходів як фізико-хімічний процес**

<b>Процеси</b>	<b>Теоретичні передумови, підходи та заходи</b>
Процеси структуроутворення	1. Збільшення анізотропії та питомої поверхні порошку 2. Підвищення реакційної здатності при спіканні 3. Контактне припікання частинок 4. Термічна нестабільність скляної піни
Кінетичний процес	1. Реологічний підхід до спікання на піноскло за рахунок утворення та збільшення склофази при більш низьких ( $\approx 200$ °C) температурах 2. Термодформаційний підхід до досліджень процесів об’ємного та лінійного зростання 3. Інтенсифікація процесу через хімічну активацію спікання за рахунок застосування устаткування з термічно необробленого графіту
Технологічна підтримка	1. Забезпеченість дробарками і млинами для одержання порошоків 2. Модернізація або закупівля печей для виготовлення виробів у вигляді блоків 3. Вирішення проблеми зменшення пилоподібних викидів

застосовувати кульові млини барабанного типу. Режим розмелу обирається в залежності від теплової історії вихідної сировини, морфологічних характеристик та мікротвердості. Так, як приклад, на рис. 2 наведено мікрофотографію порошку, зроблену за допомогою оптичного мікроскопа БИОЛАМ-И. Як показали експериментальні вимірювання, мікротвердість порошку уламкової форми, одержаного зі скляного бою у стані постачання приблизно на 30% нижче ніж у порошок, одержаного з загартованого скла. Температурний інтервал розм'якшення, визначений за методикою [13, с. 180-185], складатиме 500...600 °С, що призводить до інтенсивності утворення склофази під час спікання скляного порошку з газотворювачем (графітовим порошком). Формування пористого каркасу піноскла (рис. 2в) залежить від об'ємної долі порошку графіту та температурно-часових параметрів, які підбираються експериментально. Інтенсифікувати процес можна шляхом застосування герметично закритої форми, виготовленої з термічно необробленого графіту (наприклад, марки МПГ-6), що зменшить втрати CO<sub>2</sub>, проте сприятиме дорожчання технології.

До недоліків технології слід віднести велику кількість пилоподібних викидів під час подрібнення порошків, що вимагатиме вживання додаткових заходів з охорони праці. Проблемними залишаються питання впливу модифікації флоат-скла на технологію рециклінгу, що вимагатиме від авторів подальших теоретичних і експериментальних досліджень у тісній співпраці з виробництвом.

Одержані результати спрямовано на вирішення актуальної науково-практичної проблеми впровадження безвідходних технологій

на виробничих підприємствах, які застосовують для своєї продукції листове скло, зокрема з виготовлення світлопрозорих конструкцій. За допомогою системно-аналітичного підходу запропоновано теоретично-технологічні передумови для підвищення ефективності рециклінгу виробничих скляних відходів шляхом їх переробки на корисну продукцію – піноскло.

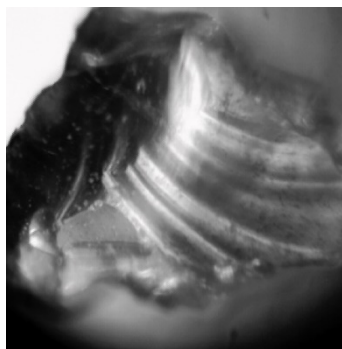
#### Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Процес рециклінгу скляного бою розглянуто як складну систему, для чого виділено ідентифікаційні ознаки, для систематизації яких застосовано авторський електронний каталог композиційних і неметалевих матеріалів.

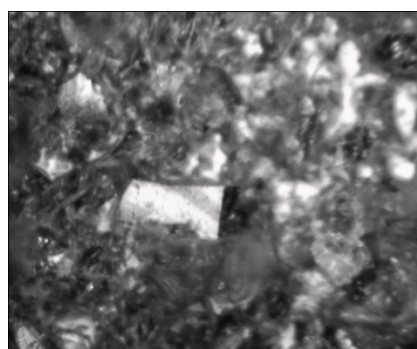
2. За інформаційний критерій підвищення ефективності рециклінгу обрано коефіцієнт використання скляних відходів, шляхи підвищення якого проаналізовано за допомогою побудови діаграми Ісікави, яка у графічному вигляді показує взаємний вплив організаційно-технологічних факторів і дає комплексне уявлення про реалізацію на підприємстві пілотного проекту.

3. Запропонована технологічна схема, яка ґрунтується на етапах експертизи скляних відходів, подрібнення їх на порошок з наступним спіканням його на піноскло. Фізико-хімічні процеси розглянуті як процеси структуроутворення, кінетичні процеси з розробкою технологічних заходів, складених на підставі експериментальних досліджень морфологічних і фізико-механічних характеристик одержаних скляних порошків.

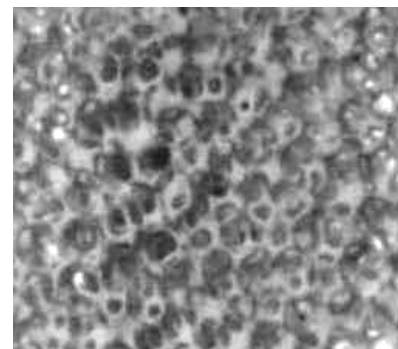
Перспективи подальших досліджень пов'язані з апробацією запропонованої технології рециклінгу скляних відходів на виробництві та експериментальними випробуваннями зразків піноскла.



а



б



в

Рис. 2. Оптичні мікрофотографії:  
а – скляних уламків (×350); б – одержаного порошку (×350); в – піноскла (1:1)

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Філіппова С.В., Окландер Т.О. Тенденції розвитку українського ринку світлопрозорих конструкцій. *Економіка: реалії часу*. 2013. 4(9). URL: <https://economics.net.ua/files/archive/2013/No4/64-74.pdf> (дата звернення: 13.02.2022).

2. Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V. Impact of the translucent structures of exterior wall envelope orientation on the energy balance of the premises. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. 2019. № 94(2). С. 111–122.

3. Пахольок О.А., Чапук О.С., Дячук Ю.І. Дослідження теплового балансу світлопрозорих конструкцій. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2020. № 14. С. 115–125.

4. Vitvitskaya E.V., Tarasevich D.V. Changes in lighting standarts and their influence on the architecture and energy efficiency of modern residential buildings. *Вісник ОДБА*. 2020. № 81. С. 9–17.

5. Бардаш М.С., Подольна В.В., Писанець К.К. Аналіз використання енергозберігаючих віконних систем на українському ринку скла. *Ефективна економіка*. 2015. № 12. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua> (дата звернення: 13.02.2022).

6. Левченко Н.М., Жовнірчик Я.Ф. Державне регулювання розвитку рециклінгу побутових відходів в умовах екологізації економіки. *Publ. upr. reg. rozvit.* 2020. № 7. С. 158–185.

7. Маневич В.Е., Субботин К.Ю., Ефременков В.В. Сырьевые материалы, шихта и стекловарение : монография. Стройматериалы, 2008. 223 с.

8. Ukraine Glass industry maintains sustainable operation. *Glass Worldwide*. 10. 2020. P. 80–82.

9. Гурець Л.Л., Котолевець А.С., Котова І.І. Зниження рівня техногенного навантаження на довкілля під час використання відходів скла. *Екологічні науки*. 2018. № 4(23). С. 41–45.

10. Гулоян Ю.А. Декоративная обработка стекла и стеклоизделий. Москва : Высшая школа, 1989. 223 с.

11. Чупрова Л.В., Мишурина О.А. Экологические и экономические аспекты утилизации отходов стекла. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 11-12. С. 222–225.

12. Кольцова Я.І., Нікітін С.В., Петух С.І. Вплив температурно-часових режимів випалу на структуру пористих склокристалічних матеріалів. *Питання хімії та хімічної технології*. 2018. № 2. С. 79–85.

13. Казимиренко Ю.О., Дрозд О.В., Жарський Є.І. Технологічні особливості і фізико-хімічні процеси переробки кришталевих стекол на порошок. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2020. Т. 31(70). 4. С. 180–185.

14. Щабетя О.А. Міцність скла, модифікованого методами на основі іонного обміну та травлення. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. 2019. 1. С. 109–114.

15. Прокопчук Ю.О. та ін. Системи прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах: монографія. Дніпропетровськ-Павлоград : АРТ-Синтез-Т, 2014. Т. 1. 456 с.

16. Фаріонова Т.А., Казимиренко Ю.А., Казимиренко С.А. Разработка электронного каталога композиционных материалов для судостроения и судоремонта. *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy*. 2018. 2. С. 19–24.

**REFERENCES:**

1. Filippova S. V., Oklander T.O. Tendentsii rozvytku ukrainskoho rynku svitloprozorykh konstruksii. *Ekonomika: realii chasu*. 2013. 4(9). URL: <https://economics.net.ua/files/archive/2013/No4/64-74.pdf> (data zvernennia 13.02.2022).

2. Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V. Impact of the translucent structures of exterior wall envelope orientation on the energy balance of the premises. *Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2019. 94 (2), S. 111–122.

3. Pakholiuk O. A., Chapiuk O. S., Diachuk Yu. I. Doslidzhennia teplovoho balansu svitloprozorykh konstruksii. *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*. 2020. 14. S. 115–125.

4. Vitvitskaya E. V., Tarasevich D. V. Changes in lighting standarts and their influence on the architecture and energy efficiency of modern residential buildings. *Visnyk ODBA*. 2020. 81. S. 9–17.

5. Bardash M. S., Podolna V. V., Pysanets K. K. Analiz vykorystannia enerhozberihaiuchykh vikonnykh system na ukrainskomu rynku скла. *Efektivna ekonomika*. 2015. 12. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua> (data zvernennia 13.02.2022).

6. Levchenko N. M., Zhovnirchik Ya. F. Derzhavne rehuliuвання rozvytku retsyklinhu pobutovykh vidkhodiv v umovakh ekolohizatsii ekonomiky. *Publ. upr. reg. rozvit.* 2020. 7. S. 158–185.

7. Manevych V. E., Subbotyn K. Yu., Efremenkov V. V. Сырьевые материалы, shykhta y steklovarenyie : monohrafyia. : Stroimateryaly, 2008. 223 s.

8. Ukraine Glass industry maintains sustainable operation. *Glass Worldwide*. 10. 2020. R. 80–82.

9. Hurets L. L., Kotolevets A. S., Kotova I. I. Znyzhennia rivnia tekhnogennoho navantazhennia na dovkillia pid chas vykorystannia vidkhodiv скла. *Ekolohichni nauky*. 2018. 4 (23). S. 41–45.

10. Huloian Yu. A. Dekoratyvnaia obrabotka stekla y stekloyzdelyi. M. : Vysshiaia shkola, 1989. 223 s.

11. Chuprova L. V., Myshuryina O. A. Экологические y экономические аспекты utylyzatsyy otkhodov stekla. *Mezhdunarodnyi zhurnal*

*prykladnykh y fundamentalnykh yssledovanyi.* 2016. 11-12. S. 222–225.

12. Koltsova Ya. I., Nikitin S. V., Petukh S. I. Vplyv temperaturno-chasovykh rezhymiv vypalu na strukturu porystykh sklokrystalichnykh materialiv. *Pytannia khimii ta khimichnoi tekhnolohii.* 2018. 2, S. 79–85.

13. Kazymyrenko Yu. O., Drozd O. V., Zharskyi Ye. I. Tekhnolohichni osoblyvosti i fizyko-khimichni protsesy pererobky kryshdalevykh stekol na poroshok. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho.* 2020. T. 31 (70). 4. S. 180–185.

14. Shchabetia O. A. Mitsnist skla, modyfikovanoho metodamy na osnovi ionnoho obminu ta travlennia.

*Visnyk Donbaskoi derzhavnoi mashynobudivnoi akademii.* 2019. 1. S. 109–114.

15. Prokopchuk Yu. O. ta in. Systemy pryiniattia rishen v ekonomitsi, tekhnitsi ta orhanizatsiinykh sferakh: monohrafiia. Dnipropetrovsk-Pavlohrad : ART-SynteZ-T, 2014. T. 1. 456 s.

16. Faryonova T. A., Kazymyrenko Yu. A., Kazymyrenko S. A. Razrabotka elektronnoho kataloga kompozytsyonnykh materyalov dlia sudostroenyia y sudoremonta. *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy.* 2018. 2. S. 19–24.

*Стаття надійшла до редакції 06.01.2022*

УДК 621.762

**Пушкар Г. О.,**

*pushkar-h@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8347-4727,*

*Researcher ID: F-5651-2019*

*к.т.н., доц., Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

**Пахолюк О. В.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*к.т.н., доц., завідувачка кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

**Галик І. С.,**

*к.т.н., проф., професор кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

**Семак Б. Д.,**

*д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

## **КЛЮЧОВА РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ НАНОПРОДУКЦІЇ В ПРОЦЕСІ ЇЇ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ**

**Анотація.** Як свідчить аналіз літературних джерел [1–21], розвиток нанотехнологій у світі та Україні нерозривно пов'язаний із розвитком ринку отриманої на їх основі нанопродукції. Тому ці процеси необхідно розглядати взаємопов'язано. У літературі підкреслюється, що для подальшого просування України на світовий ринок нанопродукції існує нагальна потреба поглиблення наукових досліджень у галузі комерціалізації нанопродукції в Україні та світі. У цій роботі ми обмежилися розглядом тільки одного з аспектів цієї багатопланої проблеми – розкриттям ролі стандартизації у розвитку нанонауки, нанотехнологій та ринку нанопродукції у світі та Україні. Необхідність вирішення цих проблем диктувалася низкою причин, а саме: недостатньою ув'язкою та гармонізацією вітчизняної та міжнародної системи стандартизації у галузі нанотехнологій та ринку нанопродукції; потребою більш детального розгляду систем стандартизації в галузі розвитку нанотехнологій та ринку нанопродукції у відповідних підручниках і навчальних посібниках для студентів різних спеціальностей і спеціалізацій; важливістю створення більш досконалих видів освітніх стандартів з описом у них необхідних ключових компетентностей для фахівців, пов'язаних із виробництвом та реалізацією нанопродукції різного цільового призначення; необхідністю більш широкого використання стандартизації наноматеріалів з метою вдосконалення системи класифікації та оптимізації структури їх видового асортименту. В роботі обґрунтовано доцільність широкого використання системи стандартизації нанопродукції для подальшого вдосконалення методики тестування нанопродукції як нових товарів на сучасних товарних ринках. Обґрунтовано доцільність поглиблення досліджень у галузі наоосвіти щодо подальшої оптимізації структури асортименту і властивостей, вдосконалення методів оцінки рівня якості та безпечності нанопродукції різного цільового призначення. Досягнення в галузях розвитку нанотехнологій, нанонауки та наоосвіти необхідно націлити на подальший розвиток вітчизняної економіки.

**Ключові слова:** стандартизація, нанонаука, нанотехнології, наоодяг, нанопродукція, ринок, тестування нанотекстилю, державна підтримка.

**Pushkar G. O.,**

*pushkar-h@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8347-4727,*

*Researcher ID: F-5651-2019,*

*Ph.D., Associate Professor, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

**Pakholiuk O. V.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*Ph.D., Associate Professor, Head of Department of Commodity Studies and Customs Expertise,*

*Lutsk National Technical University, Lutsk*

**Galyk I. S.,**

*Ph.D., Professor, Professor of the Department of Commodity Research and Expertise in Customs Business,*

*Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

**Semak B. D.,**

*Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Research*

*and Expertise in Customs Business, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

## **THE KEY ROLE OF NANOPRODUCTS STANDARDIZATION IN THE PROCESS OF THEIR COMMERCIALIZATION IN UKRAINE**

**Abstract.** *According to the analysis of literature sources [1–21], the development of nanotechnologies in the world and in Ukraine is inextricably linked with the development of the market of nanoproducts based on them. Therefore, these processes need to be considered in conjunction. The literature emphasizes that for the further promotion of Ukraine on the world market of nanoproducts there is an urgent need to deepen scientific researches in the field of commercialization of nanoproducts in Ukraine and the world. In this article, we have limited ourselves to considering only one aspect of this multifaceted problem – the disclosure of the role of standardization in the development of nanoscience, nanotechnologies and the market for nanoproducts in the world and in Ukraine. The need to solve these problems was conditioned by a number of reasons, namely: insufficient linkage and harmonization of domestic and international standardization systems in the field of nanotechnologies and the market of nanoproducts; the need for a more detailed consideration of standardization systems in the field of nanotechnologies and the market of nanoproducts in the relevant textbooks and manuals for students of various specialties and specializations; the importance of creating more advanced types of educational standards with a description of the necessary key competencies for professionals involved in the production and sale of nanoproducts for various purposes; the need for greater use of standardization of nanomaterials in order to improve the classification system and optimize the structure of their species range. The expediency of wide use of the system of standardization of nanoproducts for further improvement of the method of testing nanoproducts as new goods in modern commodity markets is substantiated in the article. The expediency of deepening research in the field of nanoeducation to further optimize the structure of the range and properties, improving methods for assessing the level of quality and safety of nanoproducts for various purposes is substantiated. Achievements in the development of nanotechnologies, nanoscience and nanoeducation need to be aimed at further development of the domestic economy.*

**Key words:** standardization, nanoscience, nanotechnologies, nanoclothes, nanoproducts, market, nanotextiles testing, state support.

**JEL Classification:** L67; L67; I29

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-03>

**Постановка проблеми.** Судячи з аналізу літературних джерел [1–7], для розкриття ролі стандартизації в розвитку вітчизняного ринку нанопродукції виникає потреба всебічного вивчення пріоритетних чинників в успішному функціонуванні такого ринку. При цьому особлива увага

повинна бути приділена вивченню та обґрунтуванню специфіки комерціалізації нанопродукції, особливостям розвитку асортименту, якості та безпеці цієї продукції. Першочергова увага повинна приділятися оцінці ролі вітчизняної системи стандартизації у розвитку та забезпеченні

інформаційного забезпечення ринку нанопродукції України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З цією метою дамо коротку анотацію вибраних нами літературних джерел, що стосуються досліджень проблеми стандартизації нанопродукції в Україні [1–7].

Автором роботи [1] дано аналіз основних тенденцій розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції на їх основі. Виявлено пріоритетні напрями розвитку цього ринку.

Автором роботи [2] розглянуто основні тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції останніми роками. Визначено структуру витрат на розвиток окремих нанотехнологій. Дано оцінку динаміки витрат в окремих секторах світового ринку. Виявлено існування окремих проблем у розвитку ринку нанопродукції в Україні.

Авторами роботи [3] розроблено рекомендації для проведення екологічної експертизи наноматеріалів. Обґрунтована доцільність проведення названої експертизи протягом усього життєвого циклу нанопродукції.

Автори роботи [4] відзначають, що особливим аспектом стандартизації у галузі розвитку нанотехнологій і наноматеріалів необхідно вважати вирішення завдань, пов'язаних із безпекою здоров'я людини та охороною довкілля. Відзначається, що найбільш суттєві досягнення у вирішенні цих проблем здобуті у США, Японії, Китаї.

Авторами роботи [5] розглянуто зарубіжний і вітчизняний досвід використання міжнародних стандартів для оцінки безпечності використання нанотехнологій і нанопродукції. Основна увага приділена оцінці безпечності нанотехнологій і нанопродукції для здоров'я людини та охорони навколишнього середовища.

Автори роботи [6] відзначають суттєвий вплив нанотехнологій і наноматеріалів на здоров'я людини та стан довкілля і обґрунтовують доцільність використання стандартизації для оцінки названих чинників. У роботі розкрито напрями розвитку вітчизняної та міжнародної стандартизації в галузі розвитку нанотехнологій і нанопродукції у світі та Україні. Основна увага приділена пошуку шляхів невирішених проблем у галузі стандартизації нанотехнологій і наноматеріалів.

Авторами роботи [7] детально розглянуто проблеми формування та оцінки безпечності нанотехнологій і наноматеріалів різного цільового призначення. Особлива увага приділена розробленню та стандартизації методів оцінки токсич-

ності наноматеріалів різного цільового призначення та обґрунтуванню на цій основі сфер їх найбільш раціонального використання.

**Постановка завдання.** Мета роботи – виявити та обґрунтувати доцільність використання тих видів національних стандартів, які максимально сприятимуть розвитку комерціалізації нанопродукції в Україні та світі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою реалізації заданої у цій роботі програми дослідження впливу стандартизації в галузі нанотехнологій і ринку нанопродукції вважаємо за доцільне, на наш погляд, націлити систему стандартизації на вирішення таких пріоритетних завдань:

- уніфікацію та визначення основних термінів і положень у галузях розвитку нанонауки, нанотехнологій та ринку нанопродукції;

- обґрунтування основних питань щодо номенклатури видового асортименту наноматеріалів різного цільового призначення та способів виробництва;

- класифікацію та особливості будови стандартів у галузі нанотехнологій і ринку нанопродукції;

- класифікацію та характеристику основних властивостей наноматеріалів різних способів виробництва та цільового призначення;

- класифікацію та характеристику основних методів оцінки якості та безпечності наноматеріалів різного цільового призначення та способів виробництва;

- класифікацію та характеристику основних методів тестування наноматеріалів на товарних ринках України.

Зупинимося на більш детальному розгляді деяких видів стандартів, в яких регламентовані вимоги до асортименту, властивостей, якості та безпечності наноматеріалів різного цільового призначення та особливостей їх комерціалізації в Україні та світі.

1. Класифікація стандартів у галузі нанотехнологій та нанопродукції [8; 9].

Як свідчить аналіз літературних джерел [1–9], нині у світі в галузях нанотехнологій і нанопродукції вже створено та опубліковано значну кількість міжнародних та галузевих стандартів. Розроблені стандарти мають різні рівні дії – галузеві, корпоративні, національні, міжнародні, регіональні. Класифікація названих стандартів в основному визначається їх призначенням. При цьому слід підкреслити, що формування нових видів стандартів у галузі нанотехнологій

натепер відбувається досить інтенсивно [9]. Найбільших успіхів у вирішенні цих питань досягнуто у США, Японії, Китаї.

У табл. 1 для прикладу наведена класифікація стандартів за умовами їх використання у галузях окремих нанотехнологій [8].

Таблиця 1

**Класифікація наностандартів**

№ з/п	Сфера застосування наностандартів
1	Конструкційні наноматеріали
2	Наноелектричні матеріали
3	Функціональні наноматеріали
4	Нанокпозиційні матеріали

2. Роль міжнародних стандартів у розвитку нанотехнологій і нанопродукції в Україні та світі [1–9].

З метою виявлення ключової ролі міжнародних стандартів у розвитку нанотехнологій та нанопродукції розглянемо конкретні приклади. Так, наприклад, у 2005 році в Міжнародній організації стандартизації (ISO) було створено технічний комітет ISO/TC 229 «Нанотехнології», який взяв на себе роль координатора [9].

Для прикладу дамо характеристику деяких міжнародних стандартів у галузі нанотехнологій і нанопродукції, створених останніми роками в межах роботи ISO/TC 229 [1–9].

Як відомо, основним напрямом розвитку міжнародної системи стандартизації у галузі нанотехнологій і нанопродукції є оцінка безпеки нанопродукції для людини та оцінка безпечності в експлуатації нанопродукції на забруднення навколишнього середовища [1–9]:

ISO/TR 13014 Нанотехнологии. Руководство по физико-химическому описанию наноразмерных материалов для токсической оценки [5];

ISO/TR 12885 Нанотехнологии. Техника безопасности и защита здоровья в нанотехнологическом производстве [5];

ISO/TR 13329 Наноматериалы. Подготовка паспорта безопасности матриала [5];

ISO/TR 10801 Наноматериалы. Формирование методом испарения/ конденсации металлических наночастиц для тестирования ингаляционной токсичности [5].

3. Обґрунтування доцільності створення серії освітніх стандартів для забезпечення потреб різних галузей нанонауки та техніки фахівцями різного профілю у сферах нанотехнологій і нанопродукції на їх основі.

Необхідність та актуальність вирішення такого питання диктується низкою причин, а саме:

– відсутністю необхідних освітніх стандартів у сфері розвитку нанотехнологій і ринку нанопродукції в Україні, а також недосконалістю вже наявних освітніх наностандартів;

– потребою створення нових підручників і навчальних посібників у різних галузях економіки, медицини та інших галузей, пов'язаних із використанням нанотехнологій і нанопродукції різного цільового призначення.

Як свідчить аналіз літературних джерел [10–15], у світі та Україні наявний прямий зв'язок між розвитком нанотехнологій і ринком отриманої на їх основі нанопродукції та кадровим забезпеченням названих галузей, включаючи розроблення та постійне вдосконалення системи освітніх стандартів, що регламентують вимоги до підготовки у вишах необхідних для галузей фахівців.

Спочатку зупинимося на формуванні та обґрунтуванні вимог ринку нанотехнологій та нанопродукції до загального змісту та будови цих освітніх стандартів, враховуючи специфіку окремих нанотехнологій та отриманої на їх основі нанопродукції та спеціальностей у вишах, за якими будуть готуватися потрібні окремим галузям фахівці.

Своєю чергою успішне вирішення цього завдання пов'язане з таким:

– це вимагає вивчення та обґрунтування конкретного попиту споживачів на конкретні види нанопродукції;

– вивчення попиту на нанопродукцію є неможливим без попередньої організації в Україні державної та галузевої звітності, яка дозволить забезпечити облік виробництва та реалізації на ринку конкретних видів нанопродукції;

– окрім цього, потрібна інформація має враховувати державну потребу та фінансову доцільність організації виробництва та збуту в Україні окремих видів нанопродукції, а також доцільність їх імпорту;

– після виявлення потрібної кількості конкретних видів нанопродукції та оцінки можливостей їх виробництва в Україні чи імпорту повинні бути встановлені потреби у підготовці необхідних фахівців із технологій виробництва та реалізації відповідних видів нанопродукції у встановлених Міністерством освіти і науки України університетах;

– саме названі університети повинні взяти на себе відповідальність за підготовку фахівців різного профілю для названих галузей та розробку необхідної науково-технічної бази (підручників, посібників, практикумів, навчальних програм та ін.).



4. Потреба більш детального вивчення та узагальнення розвитку наоосвіти в Україні.

Насамперед, на наш погляд, вважаємо за доцільне розглянути потребу більш глибокого розвитку наоосвіти в Україні. Це стосується необхідності вирішення таких проблем у цій галузі, як [6]:

- ліквідація відставання України у розвитку наоосвіти порівняно з розвинутими країнами світу;

- потреба в більш глибокому вивченні та узагальненні наявного зарубіжного досвіду розвитку наоосвіти у світі;

- суттєве гальмування темпів розвитку різних галузей науки та техніки (економіки, медицини та ін.);

- нагальна потреба державного планування розвитку та контролю якості основних галузей наоосвіти в Україні.

Дамо коротку характеристику досліджень окремих авторів, пов'язаних із розвитком наоосвіти в Україні за останні десятиріччя [10–21].

Автором роботи [10] наведено зміст та вступ його монографії, присвяченої висвітленню теоретико-методологічних засад введення нанотехнологічних знань предметом освітньої галузі. У цій роботі розглянуто такі питання:

- узагальнено досвід використання нанотехнологічних знань у закладах середньої та вищої освіти України;

- описано методичні особливості вивчення нанотехнологій;

- розглянуто основи нанонауки та нанотехнологій у процесі підготовки вчителів фізики в університетах України.

Автори роботи [11] підкреслюють, що нанотехнологія – це сукупність методів і прийомів, що забезпечують контрольовані нанооб'єкти розміром від 1 до 100 нм. Автори цієї роботи виділяють такі основні напрями розвитку нанотехнологій, як:

- молекулярний дизайн: препарування і синтез нових молекул у дуже неоднорідних електромагнітних полях;

- матеріалознавство: створення нових наноматеріалів із заданими властивостями;

- приладобудування: створення скануючих тунельних мікроскопів, мініатюрних надчутливих датчиків, нанороботів;

- медицина: виробництво нових нанопрепаратів та наноінструментів.

Автори роботи [12] обґрунтовують доцільність вивчення нанотехнологій у загальноосвіт-

ньому процесі середньої та вищої освіти України. В роботі описано шляхи більш ефективного вивчення нанотехнологій у навчальному процесі. Обґрунтовується доцільність створення елективних курсів із різних нанотехнологій. Описується історія розвитку нанонауки і нанотехнологій в Україні. Значна увага приділена розвитку наоосвіти у вищій школі України.

Автором роботи [13] дано визначення та обґрунтування основних понять, що стосуються наоосвіти. Основна увага приділена визначенню таких ключових понять, як «компетенції» та «компетентності». Показані шляхи подальшого вдосконалення змісту освітніх стандартів у різних галузях освіти. Значна увага приділена вивченню та узагальненню зарубіжного досвіду в галузі стандартизації освітніх процесів. Особлива увага приділена формулюванню та обґрунтуванню сучасних вимог до діючих освітніх стандартів, включаючи і наностандарти.

Автори роботи [14] обґрунтовують доцільність вивчення основ нанотехнологій у середніх школах і вишах. При цьому підкреслюється перелік набуття учнями та студентами предметних компетентностей. Відзначається, що фахівці у галузі нанотехнологій повинні мати широкий спектр професійних компетентностей, що сприятиме їхній фаховій підготовці. Вивчено та узагальнено зарубіжний досвід розвитку наоосвіти.

У роботі [15] обґрунтовано систему формування професійної компетентності на прикладі вчителя фізики в процесі навчання у середній школі курсу нанотехнологій. Обґрунтовано вітчизняний та зарубіжний досвід поглиблення освіти у галузі нанотехнологій різного цільового призначення. Обґрунтовано методичні основи поглиблення розвитку наоосвіти у середній та вищій школах України.

Автори роботи [16] обґрунтовують необхідність формування в Україні сучасної системи наоосвіти та її тісної ув'язки з розвитком економіки країни. Значна увага приділена проблемі кадрового забезпечення названої галузі освіти. Відзначено роль нанотехнологій і потребу виходу економіки України із затяжної кризи. Наголошено на значенні нанотехнологій у розвитку різних галузей промисловості. Сформульовані та обґрунтовані невирішені питання у галузі наоосвіти України. Підкреслюється нагальна потреба підготовки фахівців різного профілю не тільки для розвитку нанотехнологій, але й нанонауки та наоосвіти в Україні з урахуванням зарубіжного досвіду вирішення цих проблем.

Автори роботи [17] розглядають сучасний стан викладання у загальноосвітніх навчальних закладах нанотехнологій у формі елективних курсів. Обґрунтована доцільність розробки та впровадження в навчальний процес основ нанотехнологій. Дано обґрунтування особливостей методики викладання такого курсу. Сформульовані та обґрунтовані основні вимоги до методики викладання такого курсу. Узагальнено зарубіжний досвід вивчення нанотехнологій у галузі nanoосвіти.

Авторами роботи [18] розглянуто основні поняття та визначення нанотехнологій, методи аналізу та принципи конструювання об'єктів на нанорівні. Наведено відомості про методи дослідження наноструктурних матеріалів. Розглянуто основні напрями практичного використання нанотехнологій та наноматеріалів у різних сферах. Автори відзначають, що досвід вивчення нанотехнологій у школах різних країн світу (США, Німеччині, Австралії, Росії) дає можливість виділити два основні шляхи в цьому напрямі:

1. Предмет розбивається на частини, що вводяться в курси хімії, фізики та біології без виділення окремої дисципліни.

2. Вивчається окремий курс нанотехнологій, при цьому орієнтуються на розвиток в учнів інтересу до пізнання фізичних природних явищ та закономірностей, одержання навичок самостійно вивчати фундаментальні основи наук.

На думку авторів, оптимальним варіантом вирішення зазначеної проблеми є розробка та впровадження в навчальний процес основ нанотехнологій у формі елективного курсу.

Авторами роботи [19] викладено аналіз пріоритетів науково-технічної діяльності і нанодосліджень в Україні. Представлена прогнозна оцінка

застосування нанотехнологій і наноматеріалів в економіках провідних країн світу. Проведено аналіз досліджень зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості України. На основі форсайт-прогнозування обґрунтовано методичні підходи до визначення пріоритетних напрямів нанотехнологічних досліджень і розвитку нанотехнологій в економіці України. Автори відзначають, що в Україні проводяться фундаментальні і прикладні дослідження у сфері нанотехнологій у таких напрямах, як: медицина, біологія, сільське господарство, екологія, енергетика, промисловість, освоєння космосу, кібернетика, електроніка та інші. Попри все, пріоритети цих досліджень потребують уточнення відповідно до глобальних проблем, які необхідно вирішувати будь-якій країні, з урахуванням національної специфіки цих проблем, а також відповідно до наявного потенціалу і можливостей проведення нанотехнологічних досліджень.

Крім того, порівняно низька результативність виконання українських програм у попередні роки з погляду комерціалізації результатів досліджень суттєво сповільнює формування шостого технологічного укладу і не дозволяє швидко та ефективно підвищити конкурентоспроможність й інвестиційну привабливість держави у світі та реформувати на цій основі українську економіку загалом.

Практично в усіх розвинутих країнах періодично формуються спеціальні програми, що визначають пріоритетні галузі розвитку науки і техніки. Для розробки цих програм використовуються форсайт-методи – визначення (прогнозування) стратегічних напрямів розвитку науки, які через 15–20 років стануть визначальними для всього світового співтовариства.

Таблиця 2

**Найважливіші напрями наукових досліджень та розробок НАН України щодо глобальних проблем людства**

№ з/п	Глобальна проблема людства	Напрямок наукових досліджень
1	Депопуляція і старіння населення	Новітні біотехнології для охорони здоров'я, фармакології та АПК
2	Нестача продовольства	Високопродуктивне сільське господарство
3	Екологічні проблеми	Раціональне використання природно-ресурсного потенціалу
4	Нова енергетика та енергозбереження. Вичерпання запасів низки видів сировини і палива	Паливно-енергетичний комплекс та енергозбереження Ядерна енергетика
5	Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	Наноматеріали і нанотехнології Інформаційні технології та ресурси Нові матеріали, методи їх з'єднання та обробки Машинобудування та приладобудування

Авторами роботи [20] підкреслюється, що одним із ключових питань методики викладання технічних дисциплін є обґрунтований відбір змісту курсів цих дисциплін з урахуванням переліку необхідних компетентностей, потрібних для майбутніх фахівців. Обґрунтована доцільність створення регіональних наукових методичних центрів при окремих галузевих університетах, які б забезпечували постійне вдосконалення методики викладання не тільки нанотехнологій, але й інших технічних дисциплін.

Автори роботи [21] розглядають перспективи практичного застосування нанотехнологій у різних галузях промисловості (медицина, сільське господарство, будівництво та ін.). Особлива увага приділена вдосконаленню методик викладання нанотехнологій у навчальному процесі під час підготовки фахівців різного профілю.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Доведено, що використання освітніх стандартів для оцінки асортименту та властивостей нанопродукції сприяє не тільки поглибленню вивчення її фізичних, хімічних, біологічних властивостей, але й рівня надійності в експлуатації, новизни та оригінальності. Виявлено потребу подальшого вдосконалення системи видового асортименту та стандартизації ключових властивостей наноматеріалів різного цільового призначення. Обґрунтовано доцільність поглиблення досліджень у галузі nanoосвіти щодо подальшої оптимізації структури асортименту і властивостей, вдосконалення методів оцінки рівня якості та безпечності нанопродукції різного цільового призначення. На основі аналізу літературних джерел визначено доцільність тісного зближення розвитку систем nanoосвіти та нанонауки в Україні. Досягнення в галузях розвитку нанотехнологій, нанонауки та nanoосвіти необхідно націлити на подальший розвиток вітчизняної економіки.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Черницька Т.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій у глобальному середовищі. *Вісник Чернігівського державного технічного університету*. 2013. № 1(64). С. 154–158.
2. Бутко Б.О. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Економіка і управління»*. 2019. Т. 30(69). № 4(1). С. 7–12.
3. Аналіз шляхів забезпечення екологічної безпеки продуктів нанотехнологій протягом їх життєвого циклу / С.О. Вамболь, В.В. Вамболь, Я.О. Сичікова, Н.В. Дейнеко. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2017. № 1/10. С. 27–36.
4. Лукашенко Т., Кущевська Н., Малишев В. Забезпечення здоров'я та безпеки, охорона навколишнього середовища – особливі аспекти стандартизації нанотехнологій і наноматеріалів. *Строительные материалы и изделия*. 2014. № 2. С. 8–9.
5. Павлиго Т.М., Сердюк Г.Г., Павлиго І.Ю. Небезпека наноматеріалів і стандартизація методів її оцінки. *Наукові нотатки*. Луцьк, 2015. Вип. 49. С. 114–118.
6. Завражна О.М., Шевченко Є.С. Нанотехнології: вплив на суспільство, проблеми стандартизації. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2015. Вип. 127. С. 53–55.
7. До проблеми стандартизації наноматеріалів / О.В. Демецька, О.Б. Леоненко, Т.Ю. Ткаченко, Н.С. Леоненко. *Сучасні проблеми токсикології*. 2012. № 3–4. С. 101–103.
8. Скарлат Д.М., Годяев А.В., Невмятуллина Х.А. Стандартизація в наноіндустрії. *Успехи в химии и химической технологии*. 2017. Т. XXI. № 5. С. 101–104.
9. Павлиго Т.М. Уніфікація термінології у галузі нанотехнологій на міжнародному рівні. *Наукові нотатки*. Луцьк, 2011. Вип. 31. С. 240–244.
10. Нанотехнології в освітній галузі : монографія / за заг. ред. І.О. Мороза. Сумський державний педагогічний університет ім. А.С. Макаренка. Суми : СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2016. 236 с.
11. Розвиток nanoосвіти – один із чинників забезпечення переходу на шостий технологічний уклад / О.Д. Стадник, І.О. Мороз, Ю.О. Шкурдода, О.В. Яременко. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки : збірник наукових праць*. Вип. 3. Бердянськ, 2015. С. 324–330.
12. Методичні особливості вивчення нанотехнологій у шкільній фізичній освіті / С.П. Величко, В.С. Іваній, І.О. Мороз, Ю.А. Ткаченко. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія «Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти»*. 2016. Вип. 9(1). С. 62–70.
13. Лісова С.В. Професійна педагогічна освіта: компетентнісний підхід : монографія / за ред. О.А. Дубасенюк. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011. С. 34–53.
14. Ткаченко Ю.А., Мороз І.О. Компетентнісний підхід до викладання основ нанотехнологій. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2017. Вип. 146. С. 192–195.
15. Іваній В.С., Мороз І.О., Ткаченко Ю.А. Система формування професійної компетент-

ності майбутнього вчителя фізики у галузі навчання нанотехнологій. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія «Педагогічна»*. 2016. Вип. 22. С. 80–83.

16. Стадник А.Д., Мороз І.А., Ткаченко Ю.А. Стратегические приоритеты изучения нанофизики и нанотехнологий как фактора экономического развития. *Збірник наукових праць Херсонського державного університету. Педагогічні науки*. 2016. Вип. 71(1). С. 78–82.

17. Пасько О.О., Аврамчук О.Є. Місце нанотехнологій у навчальних програмах з фізики та стандартах загальної середньої освіти – перспективи розвитку. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2015. Вип. 127. С. 160–162.

18. Завражна О.М., Пасько О.О., Салтикова А.І. Основи нанотехнологій : навчально-методичний посібник для вчителів та студентів педагогічних університетів. Суми : Вид-во СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2016. 184 с.

19. Перспективи форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів у країнах світу і Україні : монографія / М.О. Кизим, І.Ю. Матюшенко, І.В. Шостак, М.О. Данова. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2015. 272 с.

20. Методика формування у студентів знань про стан сучасної фізики та нанотехнології / О.М. Завражна, Л.В. Однорець, О.О. Пасько, А.І. Салтикова. *Науковий журнал. Педагогічні науки*. СумДПУ ім. А.С.Макаренка. 2018. № 1. С. 196–208.

21. Даньшева С.О., Череднік Д.Л., Подус Г.В. Особливості викладання нанотехнологій у технічному університеті. *Новий Колегіум*. 2019. № 1. С. 76–80.

#### REFERENCES:

1. Chernyts'ka, T.V. (2013), Suchasni tendentsii rozvytku svitovoho rynku nanotekhnolohij u hlobal'nomu seredovyschi, *Visnyk Chernihivs'koho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*, № 1(64), pp. 154–158.

2. Butko, B.O. (2019), Tendentsii rozvytku svitovoho rynku nanotekhnolohij ta nanoproduktsii, *Vcheni zapysky Tavrijs'koho natsional'noho universytetu imeni V.I. Vernads'koho, Seriiia Ekonomika i upravlinnia*, T. 30(69), № 4(1), pp. 7–12.

3. Vambol', S.O. Vambol', V.V., Sychikova, Ya.O., and Dejnego, N.V. (2017), Analiz shliakhiv zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky produktiv nanotekhnolohij protiahom ikh zhyttievoho tsyклу, *Vost.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnolohij*, № 1/10, pp. 27–36.

4. Lukashenko, T. Kushchevska, N. and Malyshev, V. (2014), Zabezpechennia zdorovia ta bezpeky, okhrona navkolyshnoho seredovyscha – osoblyvi aspekty standartyzatsii nanotekhnolohii i nanomaterialiv, *Stroitelnye materialy i izdeliya*, № 2, pp. 8–9.

5. Pavlyho, T.M. Serdiuk, H.H. and Pavlyho, I.Yu. (2015), Nebezpeka nanomaterialiv i standartyzatsiia metodiv yii otsinky, *Naukovi notatky*, Lutsk, Vyp. 49, pp. 114–118.

6. Zavrazhna, O.M. and Shevchenko, Ye.S. (2015), Nanotekhnolohii: vplyv na suspilstvo, problemy standartyzatsii, *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriiia Pedahohichni nauky*, Vyp. 127, pp. 53–55.

7. Demetska, O.V. Leonenko, O.B., Tkachenko, T.Yu., and Leonenko, N.S. (2012), Do problemy standartyzatsii nanomaterialiv, *Suchasni problemy toksykolohii*, № 3–4, pp. 101–103.

8. Skarlat, D.M., Godyaev, A.V., and Nevmyatulina, Kh.A. (2017), Standartyzatsiia v nanoindustrii, *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*, T. XXI, № 5, pp. 101–104.

9. Pavlyho, T.M. (2011), Unifikatsiia terminolohii u haluzi nanotekhnolohii na mizhnarodnomu rivni, *Naukovi notatky*, Lutsk, Vyp. 31, pp. 240–244.

10. Nanotekhnolohii v osvittinij haluzi : monohrafiia / za zah. red. I.Yu. Moroza. 2016, Vyd-vo Sum DPU im. A.S. Makarenka, Sumy, 244 s.

11. Stadnyk, O.D., Moroz, I.O., Shkurdoda, Yu.O., and Yaremenko, O.V. (2015), Rozvytok nanoosvity – odyz chynnykiv zabezpechennia perekhodu na shostyj tekhnolohichnyj ukhad, *Naukovi zapysky Berdians'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu, Pedahohichni nauky: zb. nauk. pr.*, Vyp. 3, Berdians'k, pp. 324–330.

12. Velychko, S.P., Ivanij, V.S., Moroz, I.O., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Metodichni osoblyvosti vyvchennia nanotekhnolohij u shkil'nij fizychnij osviti, *Naukovi zapysky Kirovohrads'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka, Seriiia Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity*, Vyp. 9(1), pp. 62–70.

13. Lisova, S.V. (2011), Profesijna pedahohichna osvita: kompetentnisnyj pidkhd : monohrafiia / za red. O.A. Dubaseniuk, Vyd-vo ZhDU im. I. Franka, Zhytomyr, pp. 34–53.

14. Tkachenko, Yu.A. and Moroz, I.O. (2017), Kompetentnisnyj pidkhd do vykladannia osnov nanotekhnolohij, *Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu, Seriiia Pedahohichni nauky*, Vyp. 146, pp. 192–195.

15. Ivanij, V.S., Moroz, I.O., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Systema formuvannia profesijnoi kompetentnosti majbutn'oho vchytelia fizyky u haluzi navchannia nanotekhnolohiiam. *Zbirnyk naukovykh prats' Kam'ianets'-Podil's'koho natsional'noho universytetu im. Ivana Ohienka, Seriiia Pedahohichna*, Vyp. 22, pp. 80–83.

16. Stadnyk, A.D., Moroz, Y.A., and Tkachenko, Yu.A. (2016), Strategicheskie prioritety izuchennia nanofiziki i nanotekhnologii kak faktora ekonomicheskogo razvitiia. *Zbirnyk naukovykh prats' Kherson's'koho derzhavnoho universytetu, Pedahohichni nauky*, Vyp. 71(1), pp. 78–82.

17. Pas'ko, O.O. and Avramchuk, O.Ye. (2015), Mistse nanotekhnolohij u navchal'nykh prohramakh z fizyky ta standartakh zahal'noi seredn'oi osvity – perspektyvy rozvytku, *Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu, Serii Pedahohichni nauky*, Vyp. 127, pp. 160–162.

18. Zavrazhna, O.M., Pas'ko, O.O., and Saltykova, A.I. (2016), Osnovy nanotekhnolohij : navchal'no-metodychnyj posibnyk dlia vchyteliv ta studentiv pedahohichnykh universytetiv, Vyd-vo SumDPU im. A.S. Makarenka, Sumy, 184 s.

19. Kyzym, M.O., Matiushenko, I.Yu., Shostak, I.V., and Danova, M.O. (2015), Perspektyvy

forsajt-prohnozuvannia priorytetnykh napriamiv rozvytku nanotekhnolohij i nanomaterialiv u krainakh svitu i Ukraini: monohrafiia, Kharkiv: VD "INZhEK", 272 s.

20. Zavrazhna, O.M., Odnodvoret's', L.V., Pas'ko, O.O., and Saltykova, A.I. (2018), Metodyka formuvannia u studentiv znan' pro stan suchasnoi fizyky ta nanotekhnolohii, *Naukovyj zhurnal, Pedahohichni nauky, SumDPU im. A.S. Makarenka*, № 1, pp. 196–208.

21. Dan'sheva, S.O., Cherednik, D.L., and Podus, H.V. (2019), Osoblyvosti vykladannia nanotekhnolohij u tekhnichnomu universyteti, *Novyj Kolehium*, № 1, pp. 76–80.

*Стаття надійшла до редакції 19.12.2021*

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 621.798

*Лебединець В. Т.,*

*viralebedynets@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0034-5290,*

*Researcher ID: F-5530-2019,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,  
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

### ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ УПАКОВОК

***Анотація.** Величезну роль у розвитку пакувальних рішень для промисловості відіграють наукові дослідження. Даний огляд присвячений основним напрямкам робіт вчених різних країн у розробці інтелектуальних упаковок. У статті подано класифікацію інтелектуальних упаковок, що мають спеціальні пристосування, які швидко реагують на зміни упакованого продукту та інформують про його стан і властивості, а також про пошкодження упаковки, ступінь безпеки і якість самого продукту. Представлено сучасні наукові досягнення з розробки інноваційних засобів контролю несанкціонованого доступу до харчових продуктів. Відмічено, що основну увагу приділено питанням впровадження новітніх технологій захисту продуктів від фальсифікації та крадіжок, а також застосуванню штрих-кодів та міток радіочастотної ідентифікації. Розглянуто основні аспекти використання упаковки з різними індикаторами, у тому числі часових змін температури, свіжості та мікробіологічного псування, зрілості продуктів, цілісності або герметичності упаковки, наявності газів, токсинів тощо. Проаналізовано дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених щодо використання нанодатчиків в упаковках для ідентифікації хімічних речовин, бактерій, алергенів, патогенів і токсинів у продуктах харчування. Пошук нових ідей у галузі інтелектуальної упаковки допомагає краще контролювати питання щодо збільшення строків придатності, регулювання свіжості і підтримки стабільної якості харчових продуктів, також забезпечує простежуваність партії товарів на всіх етапах під час переміщення у ланцюзі постачання.*

**Ключові слова:** інтелектуальна упаковка, якість харчових продуктів, засоби контролю несанкціонованого доступу, індикатори часу і температури, механічних впливів та росту мікроорганізмів, біосенсори, датчики кисню.

*Lebedynets V. T.,*

*viralebedynets@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0034-5290,*

*Researcher ID: F-5530-2019,*

*Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

### ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF THE INTELLECTUAL PACKAGING DEVELOPMENT

***Abstract.** Scientific research plays a huge role in the development of packaging solutions for industry. This following review is devoted to the main areas of work of scientists from different countries in the development of intellectual packaging. The article presents a classification of intellectual packaging that has special devices that respond quickly to changes in the packaged product and inform about its condition and properties, as well as damage to the packaging, the degree of safety and product quality itself. Modern scientific achievements in the development of innovative means of controlling unauthorized access to food products are presented. It is noted that the main attention is paid to the introduction of the latest technologies to protect products from counterfeiting and theft, as well as the use of bar codes and radio frequency identification tags. The main aspects of the use of packaging with various indicators, including temporal changes in temperature, freshness*

*and microbiological spoilage, product maturity, integrity or tightness of packaging, the presence of gases, toxins, etc. are considered. The researches of domestic and foreign scientists on the use of nanodetectors in packaging for the identification of chemicals, bacteria, allergens, pathogens and toxins in food is analyzed. Finding new ideas in the field of intellectual packaging helps to better control the shelf life, regulate freshness and maintain stable food quality as well as ensures the traceability of goods batches at all stages during the movement in the supply chain.*

**Key words:** intellectual packaging, food quality, means of control of unauthorized access, indicators of time and temperature, mechanical influences and growth of microorganisms, biosensors, oxygen sensors.

**JEL Classification:** I12; L15; L60; L66

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-04>

**Постановка проблеми.** Сьогодні виробництво будь-яких продуктів харчування не можна представити без застосування упаковки. Харчовий продукт і його упаковку необхідно розглядати в комплексі, у межах загальної концепції пакувального продукту. Успіх розробки якісної упаковки повністю залежить від розуміння характеристик пакувального продукту, механізму його псування, можливостей пошкодження у процесі збуту, а також можливості його взаємодії з розфасованим продуктом, тобто сумісності пакувального матеріалу з вмістом упаковки.

Більшість виробників таропакувальної індустрії йдуть назустріч побажанням споживачів у сфері підвищення естетичності і функціональності. Але цю упаковку, яку ми бачимо сьогодні на полицях супермаркетів, можна назвати пасивною, оскільки вона лише забезпечує збереження продукту і представляє його споживачу. Звичайна харчова упаковка може продовжити термін зберігання продукту шляхом його захисту, але вона не може інформувати споживачів про погіршення якості з точки зору коливання температур, зміни концентрації газів, розвитку мікроорганізмів у середовищі упаковки тощо. Тому в останні роки спостерігається суттєвий ріст нанотехнологій у таропакувальній галузі, а саме: розробці активних і інтелектуальних упаковок.

Інтелектуальна упаковка покликана аналізувати вплив навколишнього середовища на стан продукту й інформувати про його стан покупця. При цьому споживач отримує відомості про закінчення терміну придатності продукту або невідповідність вимогам умов його зберігання і транспортування.

Тому нами проаналізовано досягнення вітчизняних та зарубіжних вчених із технологічних розробок у галузі інтелектуальної упаковки з метою запобігання негативних змін в упакованих продуктах, інформування про небезпеку харчових продуктів, запобігання захворювань споживачів, захисту бренда та ін.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз наукових публікацій показує, що є значна кількість вітчизняних і зарубіжних праць, у яких розглядаються різні аспекти і концепції інтелектуальних систем пакування.

Вітчизняними науковцями Гавва О.М., Токарчук С.В., Кохан О.О., Калініна О.С., Байцер Р.І., Коротка В.О. та ін. проведений аналіз досягнень зарубіжних та вітчизняних компаній у розробці сучасних інтелектуальних упаковок [1; 2]. Іноземними вченими Saliu F. [3], Mattila T., Norwinyuwong, Pasquit, Smolander M. [4; 5], Lee S. [6] вивчалися сучасні індикатори псування харчових продуктів, тобто відстежування свіжості продуктів, Ghaani та інші представили характеристики та ринковий потенціал різних типів інтелектуальних інструментів, таких як датчики, індикатори, мітки та панелі RFID, а Fang та ін. вивчав додаток технології розумного пакування, який можна успішно застосовувати в м'ясній промисловості [7; 8].

Споживачі поступово починають віддавати перевагу товарам в упаковці, яка надає їм інформацію про продукт, особливості бренда, встановлює прямі контакти з покупцем за допомогою мобільного додатка, що активізується за допомогою QR-коду, підвищує їх безпечність тощо.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз досліджень і перспектив у галузі застосування інноваційних розробок вітчизняних і зарубіжних вчених щодо впровадження у виробництво інтелектуальних упаковок; створення узагальненої класифікації інтелектуальних упаковок, які використовують з метою забезпечення збереження якості та безпечності харчових продуктів.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Індустрія упаковки постійно розвивається – з'являються нові матеріали і обладнання, розробляються нові технології, які пов'язані з потребою високої якості харчових продуктів, необхідністю підвищення ефективності виробництва і

логістики, дотримання екологічних вимог, збільшення загальної рентабельності.

«Інтелектуальні» – це матеріали та предмети, які контролюють стан упакованих харчових продуктів, або середовища, що оточує харчовий продукт. Таким чином, інтелектуальна упаковка вміє спостерігати і записувати зміни внутрішнього і зовнішнього середовища.

«Інтелектуальні» системи упаковки надають споживачеві інформацію про харчові продукти, взаємодію їх із упаковкою, здатні оцінити міграцію хімічних речовин із пакувального матеріалу в продукт, яка виникає при безпосередньому їх контакті. «Інтелектуальні» системи можуть бути розташовані як на зовнішній поверхні упаковки, так і можуть бути відділені від харчового продукту функціональним бар'єром, який є бар'єром всередині матеріалів, що контактують із харчовим продуктом, або предметами, що перешкоджають переміщенню речовин внаслідок цього бар'єра в харчовий продукт.

Термін «інтелектуальна» використовується при створенні упаковки, яка здатна «відчу-

вати» й «інформувати». Спеціальні пристосування в інтелектуальній упаковці реагують на зміни, які відбуваються в упакованому продукті, і інформують про його стан і властивості, а також про непошкодженість упаковки, ступінь безпечності та якість продукту. Ці пристосування використовують для визначення справжності продукту, запобігання несанкціонованого відкриття упаковки і для відслідковування партії продукції.

Деякі спеціалісти розрізняють «інтелектуальну» упаковку і «розумну», хоча принципи такої класифікації у всіх різні. Але більшість погоджуються, що нові хімічні технології роблять упаковку інтелектуальною.

Інтелектуальна упаковка включає:

- засоби контролю несанкціонованого доступу (штрих-коди, голограми, електронні етикетки, мітки радіочастотної ідентифікації);
- індикатори та датчики часових змін температури, цілісності або герметичності упаковки, наявності газів, токсинів, свіжості і зрілості продукту тощо (рис. 1).



Рис. 1. Класифікація інтелектуальних упаковок



Важливою складовою пакування є *різноманітні засоби контролю несанкціонованого доступу*. Крадіжки, підробки і фальсифікація вважаються всесвітньою проблемою як для харчової промисловості, так і для споживачів. З метою запобігання крадіжкам і фальсифікації харчових продуктів використовують системи RFID, штрих-коди, термохромові фарби, барвники, голограми, спеціалізовані лазерні етикетки й електронні теги тощо.

З метою підтвердження автентичності товару на його упаковку наносять *товарні знаки або логотипи фірми-виробника*.

*Голограми* виготовляються на основі самоклеючих багатошарових плівок, і повторне використання голограми є неможливим, адже при спробі зняти мітку з виробу відбувається її руйнування. З метою підвищення рівня захисту голограми звично доповнюються додатковими захисними елементами. Наприклад, включенням у дизайн оригінального рисунку з використанням оптичних змінних фарб, які змінюють свій колір у залежності від зміни кута огляду. Різновидністю голограм є так звані кінеграми – «вмонтовані» у рисунок міні-зображення, які під різним кутом огляду дають ефект руху або зміну геометричних форм об'єкта, який зображений.

Окрім видимих зображень, голограми можуть мати напівприховані або приховані елементи: наприклад, мікротекст, розмір якого такий малий, що для його зчитування необхідний прилад із збільшеною здатністю до 30 разів, або текст, для читання якого потрібне 100-кратне збільшення. Такі інноваційні технології маркування широко використовуються для захисту фармацевтичної продукції від контрафакту, а також при виготовленні акцизних марок і наклейок на акцизні товари. Вони забезпечують високий ступінь захисту, їх неможливо сканувати і складно відтворити на поліграфічному обладнанні.

До складних технологій захисту продуктів від фальсифікації можна віднести наявність: водяних знаків або різноманітних включень, що спеціально вводяться у матеріал пакування: захисних волокон (видимих чи невидимих); різнокольорових металевих ниток, що можуть мати мікрогравірування; частинок, які реагують на інфрачервоне випромінювання; різнокольорових багатошарових мікрочастинок (20-400 мкм), яким присвоєно спеціальні коди, а також штрих-кодів, які невидимі неозброєним оком, або написів із скритою інформацією, що може ідентифікувати продукт [2].

Міжнародна асоціація виробників голограм (ІНМА) запропонувала технологію нанесення

на шоколад «істівних» голограм. Їх виробництво базується на використанні розчину кукурудзяного сиропу, ванілі та води, який висихає і перетворюється у тонку плівку. В подальшому його покривають тонким шаром нетоксичного чорного барвника. Більшість барвника витравлюється методом прямого лазерного інтерференційного рисунку, а позаду залишаються підняті нанорозмірні лінії, що утворюють дифракційну решітку. При попаданні світла воно дифракуює в райдужний рисунок, при цьому різні кольори з'являються під різними кутами огляду. Інтенсивність і діапазон кольорів можна регулювати зміною відстані між лініями решітки або вмістом цукру в кукурудзяному сиропі [9].

Надійним захисним маркуванням є технологія, що передбачає «впровадження» у склад захисної мітки унікальних мікрочастинок, які мають визначені властивості. До цієї групи скритих захисних елементів відносяться переважно магнітні мітки, з введенням у барвники металізованих порошоків, які виявляються магнітним детектором; унікальні маркування з хаотичним розподілом елементів (наприклад, захисні мітки з бульбашковим ефектом), які перевіряються за допомогою оптичного сканера й інших інноваційних технологій. Вартість міток, які виконані за такою технологією, поки висока, і сфера їх використання обмежена дорогими ексклюзивними товарами.

Один із способів боротьби з підробками – скрите маркування, яке невидиме споживачам, але торгові партнери зчитують його за допомогою спеціальних приладів. Скрите маркування наносять спеціальними невидимими флуоресцентними чорнилами. Такі ж технології краплеструминного і термоструминного друку ідеально підходять для нанесення скритих кодів DatfMatrix – двомірних штрих-кодів із чорних і білих комірок, організованих у вигляді квадрата, в яких можна зашифрувати текст і цифрові дані [10].

Скрите маркування, ймовірно, продовжить поширюватися, оскільки клієнти все частіше віддають перевагу нанесенню кодів, які придатні для автоматичного зчитування, спрощуючи процес виробництва і розповсюдження продукції.

Сьогодні стають популярними електронні технології ідентифікації і захисту товарної продукції від контрафакту, а інформаційна функція набуває інноваційних можливостей. Науковцями і практиками втілюються сучасні технічні рішення у галузі інформаційних технологій, а саме: так звані QR-коди («quick response»-коди).

*Радіочастотна ідентифікація* на даний час має незаперечні переваги у сфері контролю

переміщення і відстежування товару. Використання безпроводної техніки для передачі даних між зчитувачем і радіолокатором має суттєву перевагу в порівнянні з іншими прямими ідентифікаторами, такими як система штрих-коду.

До числа перспективних антиконтрафактних технологій, що завоювали світовий ринок, відноситься радіочастотна ідентифікація (Radio Frequency Identification – RFID) – це спосіб автоматичної ідентифікації товарів засобом радіосигналів. Ця захисна система передбачає, що у маркувальній виріб і/або упаковку імплантуються спеціальні RFID-мітки (мікročіпи), із записаними у них відомостями про товар, який захищається. Вивчаючи радіохвилі, RFID-мітки передають дані про об'єкт на зчитувальний пристрій (рідер), який здійснює збір і обробку інформації. RFID-технологія дозволяє не тільки ідентифікувати марковані об'єкти, але і відстежувати їх переміщення за всім маршрутом.

Сьогодні відомо декілька десятків компаній, які постачають антиконтрафактні RFID-технології на світовий ринок. Серед них FEIC Electronic (Німеччина), Vectron (США), Confidex (Фінляндія), EM Microelectronic-Marin SA (Швейцарія) та ін.

Наприклад, за допомогою RFID-технології можна визначити навіть різну зрілість і рівень якості італійського сиру [11].

Крім цього, до інноваційних рішень відносять також інтеграцію **наносенсорів і наноіндикаторів** в упаковку харчових продуктів. Така упаковка забезпечує простежуваність харчового продукту або дозволяє контролювати збереженість свіжості або забрудненість продукту мікроорганізмами, що викликають його псування, патогенними мікроорганізмами, алергенами або токсинами у процесі транспортування і зберігання.

Інтелектуальні контактні матеріали контролюють стан пакувального харчового продукту або його навколишнє середовище та надають інформацію про його ступінь свіжості. Подальший розвиток цього напрямку приведе до того, що у майбутньому вже сама упаковка буде вказувати, чи дотримані строки і терміни зберігання даного зразка товару.

Також вже не є новинкою технічні засоби, які дозволяють реєструвати і передавати повну інформацію про «життя» продукту, а саме: час і температуру.

**Індикатори часу і температури** (Time Temperature Biosensor, скорочено – ТТВ) являють собою сенсорні механізми, базовані на різнома-

нітних хімічних реакціях: полімеризації, ферментативній реакції, дифузії і плавлення. Так само, як фрукт змінює колір, коли дозріє, а потім гніє, так і харчові продукти розповсюджують запахи, коли псуються, тому за допомогою цих механізмів процеси псування можуть бути трансформовані у зміну кольору упаковки. Іншими словами, упаковка сама може визначати дату «Використати до...». Така технологія вже розроблена в промислових масштабах у Франції, де її застосовують вже у більше ніж 140 виробках [1].

**Індикатори температури** змінюють свій колір при недотриманні температурних режимів зберігання продукту. Ці індикатори є ефективними при зберіганні заморожених продуктів, які при випадковому розмороженні не можна повторно заморожувати.

Компанія Smart Lid Systems розміщує індикатори на одноразових кришках для паперових і пластикових горняток для гарячих напоїв (від +48 °С). Кришка змінює колір при зміні температури напою [12].

Іншим прикладом слугує гнучка біорозкладна упаковка для продуктів харчування від Primitives, яка виготовлена на основі водоростей та змінює свій колір у залежності від псування продукту або повторного замороження [13].

В останнє десятиліття у світовій практиці набуло поширення маркування з використанням кольорозмінних захисних фарб, із додаванням спеціальних добавок, що надають захисним міткам особливих ознак. Ці ознаки є невидимими при звичайному денному або штучному світлі і виявляються тільки під ультрафіолетовим світлом або інфрачервоним випромінюванням. Такі захисні фарби можуть наноситися на сам виріб, або на його упаковку або на контейнер. Верифікація таких скритих захисних елементів здійснюється за їх характерними ознаками завдяки спеціальним приладам. До цієї групи захисних елементів відносяться термохромні фарби, які змінюють свій колір у відповідь на зміну температури.

Термохромні фарби стають видимими лише при визначених температурах, що дозволяє сигналізувати тільки про конкретні зміни мікроумов всередині упаковки. Наприклад, якщо ви підігріваєте кленовий сироп у мікрохвильовій печі, поява фарби сигналізує про те, що пляшка нагрілася до оптимальної температури. Інші фарби проявляються тільки при низьких температурах, попереджаючи про можливе переохолодження продукту.

Крім того, такі технології зручні для споживачів, є важливими на всіх стадіях ланцюга

поставок і складського зберігання. Термохромові фарби можуть повідомити про те, чи працює холодильне обладнання, й оцінити стан продуктів, які надходять на склад. Це дуже рентабельний засіб контролю якості виробів, особливо тих, які реагують на температурні зміни.

Шведська компанія Bioett AB розробила і запатентувала етикетку з біодатчиком, який налаштований на розповсюдження радіочастотних хвиль. Ця технологія дає можливість контролювати стан швидкопсувних продуктів під час переміщення у ланцюзі постачання. *Біодатчик* реагує як на коливання *температури*, так і на час, збільшуючи при цьому силу сигналу. Сигнал стійкий і може зчитуватися портативним сканером на будь-якій стадії життєвого циклу упакованого товару. Сканер створює графік, який показує коливання температури в кожному окремому випадку і дозволяє операторам, які відстежують стан продукту на комп'ютері, скласти повну картину «життя» виробу на будь-якому етапі. Ця технологія – рентабельний засіб контролю якості товару після того, як він потрапляє у споживчий ланцюг.

При зберіганні герметично упакованих харчових продуктів відбуваються зміни їх якості завдяки розмноженню різних мікроорганізмів, у процесі чого виділяються вуглекислий газ, аміак, сірка, сірководень, аміни, етанол, органічні кислоти, ензими та токсини. Тому інтелектуальні упаковки містять *індикатори свіжості*, які показують зміну рН, наявність летких сполук азоту й сірководню та ензимних хромогенних субстратів, що утворюються внаслідок мікробного забруднення продукту. На ці всі речовини реагують електронні та оптичні датчики, а також із продуктами метаболізму мікробів вступають у реакцію спеціальні сполуки, які впливають на зміну кольору упаковки.

З метою захисту споживачів від небезпечних продуктів розроблені *колориметричні індикатори мікробіологічного псування*. Суть їх полягає у тому, що мікрофлора, яка викликає псування, розвивається з виділенням вуглекислого газу, а спеціальні індикатори, розташовані в полімерній матриці на етикетці, визначають присутність або зміну концентрації CO<sub>2</sub> в упаковці. При підвищенні концентрації CO<sub>2</sub> колориметричні індикатори змінюють колір, сигналізуючи про зміни споживних властивостей продукту [3].

Інший спосіб колірної реакції був розроблений канадською компанією Toxin Alert. Антитіла, які налаштовані на присутність патогенних мікроорганізмів у м'ясі та м'ясних продуктах, розміщуються під внутрішній шар упакованої

полімерної плівки. При цьому антитіла забарвлюються й активізуються, коли патогени вступають у безпосередній контакт із плівкою. Робота візуального сенсора базується на реакціях антитіло-антиген (за типом імуоферментного тесту).

В Японії компанією To-Genkyo розроблено інноваційні цінники, які дозволяють контролювати свіжість м'яса за допомогою зміни його кольору. Цінник містить спеціальні чорнила, які реагують на аміак (продукт розпаду білків і побічний продукт псування м'яса). Коли нижня частина цінника синіє, м'ясо зіпсуте і штрих-код неможливо прочитати сканером [14].

Розроблено колориметричний індикатор свіжості Freshness Guard™ для упакованого м'яса птиці. Індикатор змінює колір, виявляючи сполуки сірки, які виділяються із зіпсутого м'яса. Суть його полягає у реакції сполук сірки з нанорозмірним шаром срібла. Спочатку колір тонкого сріблястого шару непрозорий світло-коричневий. Коли утворюється сульфат срібла, колір індикатора змінюється на прозорий [4].

Сьогодні вже розроблені датчики для виявлення *E. coli* 0157: H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, ентеротоксинів і білків-алергенів. Ведуться розробки біодатчиків (ДНК-біочіпів), які здатні розрізняти запах і смак [15].

При псуванні харчових продуктів мікроорганізми можуть розкласти білки з утворенням таких летких сполук азоту, як аміак, диметиламін і триметиламін, тим самим змінювати рН їжі. Властивість антоціанів змінювати свою хімічну структуру і колір залежно від рН середовища дозволяє використовувати плівки, які містять антоціановий пігмент, для контролю якості упакованих продуктів [16].

Науковцями [16] розроблено плівку на основі 1,5% агар-агару з додаванням антоціанового пігменту як індикатора зміни кислотності середовища. При контактуванні плівки, що містить антоціановий пігмент, зі свіжим рибним фаршем зміни кольору її не відбувалось, а при двохвилинному контакті з фаршем сумнівної свіжості плівка набуває синюватого відтінку.

Найбільш розповсюдженими для контролю свіжості і росту мікроорганізмів у різних харчових продуктах є такі комерційні індикатори свіжості, як Toxin Guard від канадської компанії Toxin Alert Inc., QTM від компанії FQSI (Massachusetts, США), Fresh Tag від COX Technologies (Belmont, Північна Кароліна, USA) та Food Sentinel System від компанії SIRA Technologies Inc. (Каліфорнія, США) [11].

**Індикаторами зрілості** оснащується упаковка для овочів, фруктів, ягід, грибів, баштанних культур, горіхів тощо.

Новозеландська компанія RipeSense розробила розумну етикетку для упаковки фруктів на основі спеціальних датчиків, які змінюють колір у залежності від ступеня зрілості фруктів: червоний – незрілий, оранжевий – твердий, жовтий – готовий до споживання. Ці датчики реагують на запах, який виділяє фрукт за ступенем досягання. Завдяки такій упаковці продовжується цикл життя продукту і суттєво скорочується рівень харчових відходів [17].

Компанією Ario (Landec Corp.) розроблено систему, яка зберігає продукцію свіжою без додаткових охолоджуючих агрегатів. Технологія Intelmer використовує чутливу до тиску мембрану «заплатку», яка автоматично змінює атмосферу в герметично запайній упаковці, регулюючи при цьому киснево-вуглекислий баланс. З одної сторони ця мембрана покрита рекристалізуючим полімером. При зміні температури, навіть несуттєвій, водонепроникність мембрани відповідно збільшується або зменшується. При більш високій температурі овочі «дихають» активніше, тому що мембрана пропускає більше кисню. Дана технологія може продовжити строк придатності таких овочів, як, наприклад, броколі, на строк більше 17 днів. Одночасно ідентичну технологію вибрала компанія Chiquita Brands International для зберігання бананів.

**До індикаторів механічних впливів** відносяться індикатори розгерметизації упаковки, які контролюють вміст кисню. Якщо упаковка з певних причин розгерметизувалась і у неї потрапив кисень, то спрацьовує індикатор кисню, що й свідчить про прискорення псування продукту.

За кордоном проведені дослідження з розробки етикеток або пломб, які прозорі до того часу, поки упаковку не відкриють. При пошкодженні упаковки етикетка або пломба змінює колір, а в деяких випадках pojawiaються слова «відкрито» або «стоп» [18].

Такі сенсорні механізми можуть визначити **концентрацію кисню** в упаковці, вказуючи на порушення її цілісності. Хімічний датчик встановлюють на внутрішній частині упаковки безпосередньо близько від її вмісту і налаштовують на концентрацію УФ-випромінення в упаковці. Органічні хімічні зміни всередині упаковки слугують сигналом зміни її кольору.

З метою забезпечення споживача оперативною інформацією про рівень свіжості продукту додат-

ково можуть застосовуватися так звані «**індикатори кисню**», які надають споживачеві додаткову інформацію про цілісність упаковки і відхилення від ідеального складу газу протягом усього періоду зберігання. Типовий візуальний індикатор переважно складається з окислювально-відновного, відновлюваного та лужного барвників. При використанні таких барвників пошкоджену упаковку легко виявити за зміною кольору індикатора при переході від нормального до окисленого стану.

Принцип роботи **біодатчиків** базується на використанні реакцій полімеризації, ферментативної активності, електропровідності, дифузії або плавлення [19].

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.** Ідеї розумної або інтелектуальної упаковки появились у результаті збоїв і проблем, які постійно виникають у процесі обігу харчових продуктів, особливо швидкопсувних і охолоджених, які транспортують на великі відстані.

До спеціальних пристосувань інтелектуальної упаковки відносять індикатори часу і температури, спеціальні барвні речовини, які чутливі до вмісту газу, індикатори росту мікроорганізмів, індикатори механічних впливів, різноманітні засоби контролю несанкціонованого доступу, можливих фальсифікацій і дрібних крадіжок харчових продуктів.

Спеціальні пристосування в інтелектуальній упаковці реагують на зміни, які відбуваються в упакованому продукті, та інформують про його стан і властивості, а також про цілісність упаковки, ступінь безпеки і якість.

Одночасно сьогодні необхідно працювати над зниженням цін харчових продуктів, упакованих в інтелектуальні упаковки. Вченими підраховано, що вартість харчових продуктів в інтелектуальній упаковці збільшується вдвічі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гавва О.М., Токарчук С.В., Кохан О.О. Smart-пакування для харчових продуктів. *Упаковка*. 2013. № 2. С. 36–40.
2. Калініна О.С., Байцер Р.І. Аналіз впливу пакування на якість харчових продуктів. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2017. № 2(31). С. 28–36.
3. Saliu F., Pergola R. D. Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and polylysine mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2018. Vol. 258. P. 1117–1124.
4. Smolander M., Hurme E., Koivisto M., Kivinen S. Indicator. PCT International Patent Application Publication, WO 2004/102185 A1, 2004.

5. Panuwat Suppakul. Intelligent Packaging. Panuwat Suppakul. In book: Handbook of Frozen Food Processing and Packaging Edition: Second Edition. Chapter: Intelligent Packaging. Publisher: CRC Press, Boca Raton. Editors: Da-Wen Sun. 2012. PP. 837–860.

6. Lee S. Y., Lee S. J., Choi D. S., Hur S. J. Current topics in active and intelligent food packaging for preservation of fresh foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. № 95, 2. P. 799–810.

7. Muhammad Sohail. Recent Developments in Intelligent Packaging for Enhancing Food Quality and Safety / Muhammad Sohail, Da-Wen Sun, Zhiwei Zhu. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. № 58(1). P. 1–41.

8. Ghaani M., Cozzolino C. A., Castelli G., Farris S. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. № 51:1. P. 11.

9. Дослідники розробили їстівні голограми. URL: <https://meta.ua/uk/news/tech/2525-doslidniki-rozrobili-stvn-gologrami>.

10. Маккормик М. Скрытая маркировка: представление и защита бренда. *Упаковка*. 2018. № 2. С. 40–42.

11. Realini C. E., Marcos B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*. 2014. № 98(3). P. 404–419.

12. Розумна упаковка: як технології третього тисячоліття бережуть здоров'я людини та планети. URL: [https://smachnonews.24tv.ua/rozumna-upakovka-yak-tehnologiyi-tretogo-tisyacholittya-berezhut\\_n1698757](https://smachnonews.24tv.ua/rozumna-upakovka-yak-tehnologiyi-tretogo-tisyacholittya-berezhut_n1698757).

13. Створили біоупаковку з водоростей: вона показуватиме, що їжа зіпсувалась. URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/294099-stvorili-biupakovku-z-vodorostey-yaka-pokazuvatime-scho-yizha-zipsuvalas>.

14. Японцы начали делать специальные ценники для мяса. URL: <http://joyreactor.cc/post/4608230>.

15. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy / M. Moudache, C. Nerín, M. Colon [et al.]. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 229. P. 98–103.

16. Чеснокова Н.Ю., Приходько Ю.В., Кузнецова А.А., Кушнаренко Л.В., Герасимова В.А. Использование пленок, обогащенных антоциановым пигментом, в качестве индикатора свежести рыбного фарша. *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51. № 2. С. 349–362.

17. В Новой Зеландии изобретены сенсоры спелости. URL: <http://www.new-garbage.com/?id=5132&page=5&part=45>.

18. Vanderroost M., Ragaert P., Devlieghere F., Meulenaer B. D. Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*. 2014. № 39. P. 47–62.

19. Smart packaging – «умная» упаковка. URL: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=654](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=654).

#### REFERENCES:

1. Havva, O. M., Tokarchuk, S. V. and Kokhan, O. O. (2013), Smart-pakovannia dlia kharchovykh produktiv, *Upakovka*, no. 2, pp. 36-40.

2. Kalinina, O. S. and Bajtser, R. I. (2017), Analiz vplyvu pakovan' na iakist' kharchovykh produktiv, *Scientific Journal «ScienceRise»*, no. 2 (31), pp. 28-36.

3. Saliu, F. and Pergola, R. D. (2018), Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and polylysine mixtures, *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 258, pp. 1117-1124.

4. Smolander, M., Hurme, E., Koivisto, M. and Kivinen, S. (2004), Indicator. PCT International Patent Application Publication, WO 2004/102185 A1.

5. Panuwat, Suppakul. (2012), Intelligent Packaging. Panuwat Suppakul. In book: Handbook of Frozen Food Processing and Packaging Edition: Second Edition. Chapter: Intelligent Packaging. Publisher: CRC Press, Boca Raton. Editors: Da-Wen Sun, pp. 837-860.

6. Lee, S. Y., Lee, S. J., Choi, D. S. and Hur, S. J. (2015), Current topics in active and intelligent food packaging for preservation of fresh foods, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 95, vol. 2, pp. 799-810.

7. Muhammad, Sohail, Da-Wen, Sun, Zhiwei, Zhu. (2018), Recent Developments in Intelligent Packaging for Enhancing Food Quality and Safety, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, no. 58 (1), pp. 1-41.

8. Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G. and Farris, S. (2016), An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector, *Trends in Food Science & Technology*. no. 51:1, pp. 11.

9. Doslidnyky rozrobyly istivni holohramy, available at: <https://meta.ua/uk/news/tech/2525-doslidniki-rozrobili-stvn-gologrami/>.

10. Makkormyk, M. (2018), Skrytaia markyrovka: predstavlenye y zaschyta brenda, *Upakovka*, no. 2, pp. 40-42.

11. Realini, C. E. and Marcos, B. (2014), Active and intelligent packaging systems for a modern society, *Meat Science*, no. 98 (3), pp. 404-419.

12. Rozumna upakovka: iak tekhnolohii tret'oho tysyacholittia berezht' zdorov'ia liudyny ta planety, available at: [https://smachnonews.24tv.ua/rozumna-upakovka-yak-tehnologiyi-tretogo-tisyacholittya-berezht\\_n1698757/](https://smachnonews.24tv.ua/rozumna-upakovka-yak-tehnologiyi-tretogo-tisyacholittya-berezht_n1698757/).

13. Stvoryly biupakovku z vodorostej: вона показуватиме, scho izha zipsuvalas', available at: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/294099-stvorili-biupakovku-z-vodorostey-yaka-pokazuvatime-scho-yizha-zipsuvalas/>.

14. Yapontsy nachaly delat' spetsyal'nye tsennyky dlia miasa, available at: <http://joyreactor.cc/post/4608230>.

15. Moudache, M., Nerín, C., Colon, M. [et al.]. (2017), Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy, *Food Chemistry*, vol. 229, pp. 98-103.

16. Chesnokova, N. Yu. Prykhod'ko, Yu. V., Kuznetsova, A. A., Kushnarenko, L.V. and Herasymova, V. A. (2021), Yspol'zovanye plenok, obhaschennykh antotsyanovym pyhmentom v kachestve yndykatora svezhesty rybnoho farsha, *Tekhnika y tekhnolohiya pyschevykh proyzvodstv*, T. 51, no. 2, pp. 349-362.

17. V Novoj Zelandyy yzobreteny sensory spelosty, available at: <http://www.new-garbage.com/?id=5132&page=5&part=45/>.

18. Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F. and Meulenaer, B. D. (2014), Intelligent food packaging: The next generation, *Trends in Food Science & Technology*, no. 39, pp. 47-62.

19. Smart packaging – «umnaia» upakovka, available at: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=654](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=654).

*Стаття надійшла до редакції 28.12.2021*

УДК 677.017.8

**Мартиросян І. А.,**

*tiaviva@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3733-3004,*

*к.т.н., старший викладач кафедри товарознавства та митної справи  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса*

**Пахوليук О. В.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*к.т.н., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

**Голодюк Г. І.,**

*g.golodyuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9740-5498,*

*к.т.н., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОСТІЙКОСТІ ВОЛОКНИСТОЇ ОСНОВИ БАВОВНЯНО-ПОЛІЕСТЕРОВИХ ТКАНИН З БІОЦИДНОЮ ОБРОБКОЮ**

**Анотація.** У статті наведені результати досліджень впливу біоцидної обробки на показники світлостійкості та розривальні характеристики целюлозовмісних тканин. Відомо, що в процесі впливу енергії Сонця, зокрема світла, на текстильні матеріали та вироби відбувається вигорання фарби і деструкція текстильних волокон, руйнування апретів тощо. В умовах підвищеної вологості відбувається також біопошкодження текстильних матеріалів різними мікроорганізмами – грибками, бактеріями, актиноміцетами. Метою роботи є дослідження світлостійкості волокнистої основи бавовняно-поліестерових різнокомпонентних тканин для спеціального одягу, оброблених антимікробними тіосульфатними обробними препаратами етилтіосульфанілат (ЕТС), метилтіосульфанілат (МТС) і алілтіосульфанілат (АТС). Такі біоцидні препарати є синтетичними аналогами природних фітонцидів, які синтезовані у «Львівській політехніці». Вивчено вплив волокнистого складу, способу фарбування та антимікробного оброблення на зміну світлостійкості субстрату цих тканин. У результаті дослідження бавовняно-поліестерових тканин з антимікробними властивостями встановлено, що біоцидна обробка суттєво гальмує світлостаріння волокнистої основи. Показник розривального навантаження тканин без обробки після 300 год. опромінення знизився на 22,0%–26,0% залежно від складу тканин, після оброблення – на 12,5%–17%. Усі вибрані біоцидні препарати ЕТС, МТС і АТС ефективно захищають волокнисту основу досліджуваних тканин від тривалої дії сонячного опромінення. Здатність гальмувати знебарвлення пофарбовань і світлостаріння волокнистої основи є однією із найважливіших переваг вибраних для дослідження тіосульфатних препаратів. Також доведено, що у разі більш тривалого опромінення біоциди гальмують процес знебарвлення барвника та сповільнюють процес деструкції субстрату.

**Ключові слова:** біоцидна обробка, світлостійкість, розривальне навантаження, бавовняні тканини, біостійкість.

**Martyrosian I. A.,**

*miaviva@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3733-3004,*

*PhD, Senior Lecturer at the Department of Commodity Studies and Customs  
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa*

**Pakholiuk O. V.,**

*o.pakholiuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3484-0468,*

*PhD, Associate Professor at the Department of Commodity Studies and Customs Expertise  
Lutsk National Technical University, Lutsk*

**Goloduk G. I.,**

*g.goloduk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9740-5498,*

*PhD, Associate Professor at the Department of Commodity Studies and Customs Expertise,  
Lutsk National Technical University, Lutsk*

## **INVESTIGATION OF LIGHT RESISTANCE OF THE FIBER BASE OF COTTON-POLYESTER FABRICS WITH BIOCIDAL TREATMENT**

**Abstract.** *The results of researches of influence of biocidal processing on indicators of light resistance and breaking characteristics of cellulose – containing fabrics are resulted in the article. It is known that in the process of influence of solar energy, in particular light, on textile materials and products, there is a burnout of paint and destruction of textile fibers, destruction of finishes, etc. In conditions of high humidity there is also biodamage of textile materials by various microorganisms – fungi, bacteria, actinomycetes. The aim of the work is to study the light fastness of the fibrous base of cotton-polyester multi-component fabrics for special clothing treated with antimicrobial thiosulfanate finishing preparations ethylthiosulfanilate (ETS), methylthiosulfanilate (MTS) and allylthiosulfanyl. These biocidal products are synthetic analogues of natural phytoncides, which are synthesized at Lviv Polytechnic. The influence of fibrous composition, method of dyeing and antimicrobial treatment on the change of light fastness of the substrate of these tissues is studied. As a result of the study of cotton-polyester fabrics with antimicrobial properties, it was found that biocidal treatment significantly inhibits the light aging of the fibrous base. The rate of rupture of tissues without treatment after 300 hours irradiation decreased by 22.0%–26.0% depending on the composition of tissues, after treatment – by 12.5%–17%. All selected biocidal products ETS, MTS and ATS effectively protect the fibrous base of the studied tissues from prolonged exposure to sunlight. The ability to inhibit discoloration of stains and light aging of the fibrous base is one of the most important advantages of thiosulfonate preparations selected for research. It has also been proven that with prolonged irradiation, biocides inhibit the dye discoloration process and slow down the substrate destruction process.*

**Key words:** biocidal treatment, light resistance, development load, cotton fabrics, biostability.

**JEL Classification:** O32

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-05>

**Постановка проблеми.** Як відомо, домінуючим чинником зношування текстильних матеріалів є тривала дія на них в умовах експлуатації світлопогоди. Причому під дією світлопогоди, як правило, швидше руйнується нанесений на ці тканини барвник. Тому для забезпечення рівномірного світлостаріння волокнистої основи і пофарбування названих тканин велике значення має такий цілеспрямований відбір для їх фарбування барвників і обробних антимікробних препаратів, які б гарантували отримання не тільки потрібної гами кольорів забарвлень, ефективний захист текстилю від мікробіологічної деструкції, але й більш повне та ефективно використання

потенційного ресурсу волокнистої основи тканин в умовах їх експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Над проблемою оцінки біостійкості одягових текстильних матеріалів працювали відомі вчені [1–8]. І.С. Галик, О.Б. Концевич, Б.Д. Семак, В.В. Неділько, О.П. Сумська, М.Й. Росторгуєва, А.В. Крижанівська, С.В. Чепишев, М.С. Рацук вивчали питання підвищення зносостійкості та біостійкості вовновмісних текстильних матеріалів. С.Я. Бричка, Н.П. Супрун, Н.І. Осипенко та ін. працювали над створенням антимікробних текстильних матеріалів медичного призначення.



Аналіз літературних джерел [1–3] дозволяє стверджувати, що біоцидні речовини забезпечують не тільки антимікробний захист, але і сприяють покращенню споживних властивостей текстильних матеріалів та підвищенню їх зносостійкості. За таких умов застосування біоцидних речовин у текстильній промисловості набуває практичного значення.

**Постановка завдання.** У цій роботі ми обмежились постановкою та пошуком шляхів вирішення тільки деяких аспектів цієї багатогранної проблеми. Назвемо основні з них [4]:

- вивчення можливостей та обґрунтування доцільності використання нових типів біоцидних препаратів тіосульфатної структури для надання одяговим бавовняно-поліестеровим різнокомпонентним тканинам одночасно біостійкості та атмосферостійкості;

- використання досліджуваних тканин, оброблених тіосульфатними препаратами, для створення на їх основі вітчизняного спеціального одягу для потреб портових робітників, рибалок, мисливців та інших;

- вивчення впливу різних типів нових біоцидних препаратів тіосульфатної структури на формування зносостійкості та світлостійкості волокнистої основи досліджуваних тканин.

У зв'язку з цим нами були вибрані нові біоцидні препарати тіосульфатної структури, які проявляють широкий спектр антимікробної дії, та представлені розробниками як малотоксичні, що можуть застосовуватись для антимікробного захисту в різних галузях промисловості, а саме: етилтіосульфат (ЕТС) – етиловий біоцид; алілтіосульфат (АТС) – аліловий біоцид; метилтіосульфат (МТС) – метиловий біоцид. Для підвищення зносостійкості та надання антимікробних властивостей текстильним матеріалам, нами вперше вибрані та застосовані такі біоцидні препарати тіосульфатної структури, аналогів яких немає на ринку України та за її межами.

Використовуючи для антимікробного оброблення досліджуваних тканин нові типи біоцидних препаратів тіосульфатної структури, авторами ставились такі завдання [10]:

- загальмувати розвиток патогенних та волокно-руйнуючих мікроорганізмів, шкідливих для людини, на досліджуваних тканинах і спеціальному одязі з них;

- створити ефективний захист названих тканин і одягу з них від мікробіологічної деструкції в процесі їх експлуатації;

- мінімізувати негативний вплив антимікробного оброблення досліджуваних тканин препаратами тіосульфатної структури на погіршення їхніх механічних властивостей.

Отже, метою роботи є дослідження світлостійкості волокнистої основи (субстрату) бавовняно-поліестерових різнокомпонентних тканин для спеціального одягу, оброблених антимікробними тіосульфатними обробними препаратами ЕТС, МТС і АТС. З цією метою вивчено вплив волокнистого складу, способів фарбування та антимікробного оброблення на зміну світлостійкості субстрату цих тканин.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На ринку України більшість тканин для виготовлення спецодягу займають целюлозовмісні тканини (бавовна+поліефір) – 68%. Тому для дисертаційного дослідження вибрано 4 варіанти текстильних матеріалів (табл. 1): варіант 1 – «Toctals Fabrics» (Голландія); варіанти 2, 4 – ВАТ «Тернопільське об'єднання «Текстерно» (Україна); варіант 3 – ПрАТ «Черкаський шовковий комбінат». Практично всі проаналізовані тканини виготовлені саржевим переплетенням. Для деяких тканин використане жакардове, складне (двошарове) та похідні полотняного переплетення. За художньоколеристичним оформленням усі проаналізовані тканини є гладкофарбованими.

Характеристики міцності на розрив (розривальне навантаження (Рр, кгс) зразків тканин із робочими розмірами елементарної проби 25×50 мм вимірювалися на розривальній машині РТ-250М-2 за стандартною методикою. Гарантійна похибка коефіцієнта варіації (мс) перебувала у межах 0,5–1,5%. Використовуючи для антимікробного оброблення досліджуваних тканин нові типи тіосульфатних препаратів ЕТС, МТС, АТС, авторами ставилося завдання мінімізації негативного впливу антимікробного оброблення досліджуваних тканин препаратами ЕТС, МТС, АТС на погіршення їхніх механічних властивостей [10]. Результати впливу оброблення бавовняних та бавовняно-поліестерових тканин на зміну їхніх механічних властивостей препаратами ЕТС, МТС та АТС представлено в табл. 2 та на рисунках 1–3.

Як видно з аналізу даних таблиці 2, у результаті оброблення досліджуваних бавовняно-поліестерових тканин препаратами ЕТС, МТС та АТС не спостерігаються суттєвих змін у показниках розривального навантаження. А ті деякі зміни можуть бути зумовлені структурними змінами, які відбуваються в тканинах у процесі їх антимікробного оброблення новими препаратами.

Таблиця 1

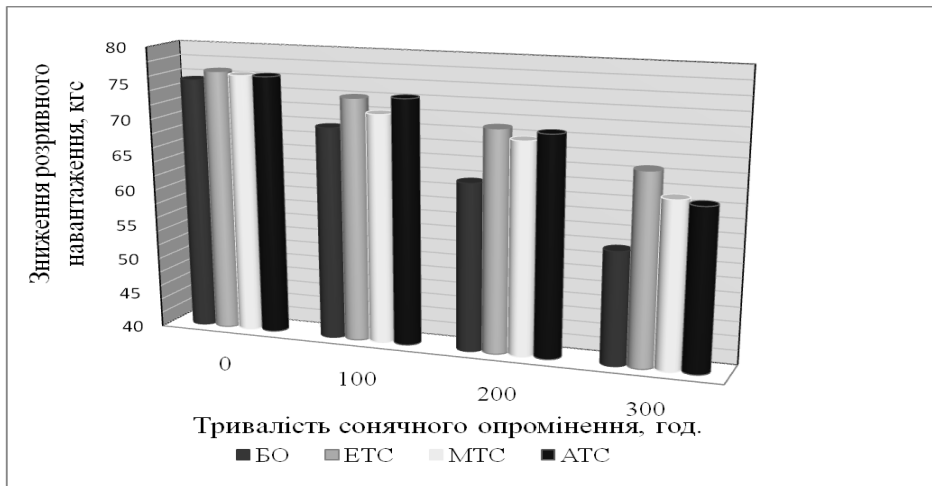
Характеристика заправних даних досліджуваних тканин

№ вар.	Волокнистий склад, %	Лінійна густина, Т, текс		Вид переплетення	Щільність Р, число ниток на 100 мм		Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	Барвник
		основа	уток		основа	уток		
1	Бав. – 100%	49	38	саржеве	307	292	245	Прямий оранжевий Indosol
2	Бав. – 50% ПЕ – 50%	42	25	саржеве	292	220	245	Дисперсний «Foron» RD-SN
3	Бав. – 35% ПЕ – 65%	40	23	саржеве	278	227	220	Оптичний відбілювач CBS-X (OBA 351)
4	Бав. – 20% ПЕ – 80%	31	27	комбіно-ване	247	198	220	Дисперсний зелений «Foron» Green – S

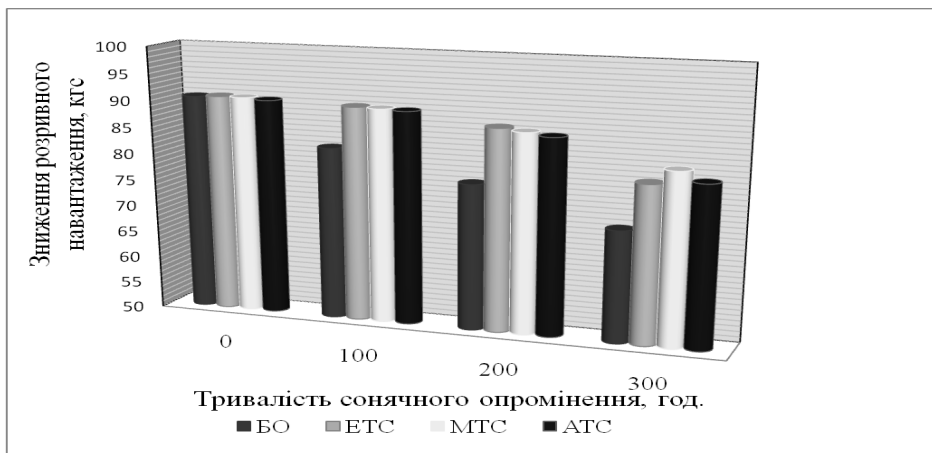
Таблиця 2

Вплив сонячного опромінення на зміну розривального навантаження бавовняно-поліестерових тканин

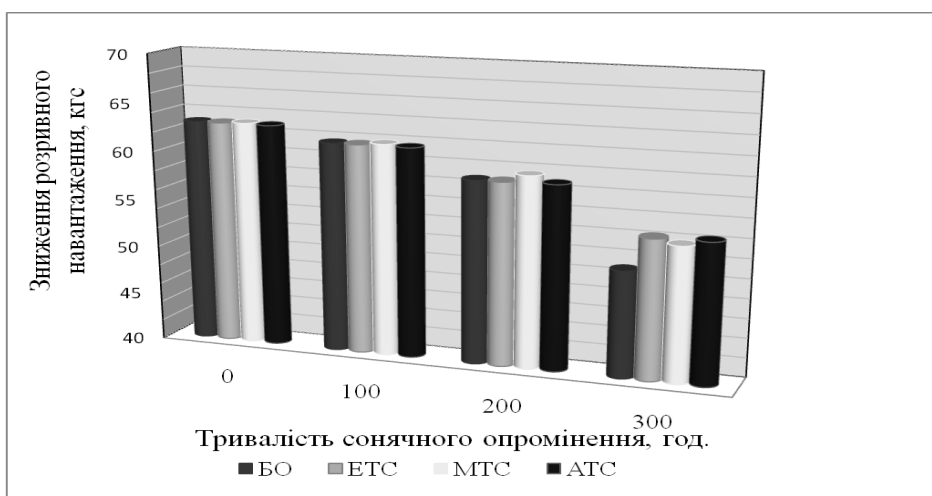
№ з/п	Волокнистий склад	Вид обробки	Розривальне навантаження, кгс							
			До інсоляції		Після 100 год		Після 200 год		Після 300 год	
			основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1	Бавовна 100%	Без обробки	75,4	42,9	69,8	38,4	63,5	35,0	55,8	29,8
		ЕТС	76,7	43,2	74,0	42,9	71,0	41,3	66,7	36,9
		МТС	76,3	43,0	72,0	43,3	69,6	40,1	63,2	36,3
		АТС	76,3	42,9	74,3	39,8	70,7	39,6	62,6	36,4
2	50% бав., 50% ПЕ	Без обробки	90,6	50,1	82,3	49,1	77,3	44,8	70,8	36,6
		ЕТС	90,8	49,9	90,1	49,2	87,7	46,4	79,4	40,7
		МТС	90,8	50,0	90,0	46,2	87,2	45,8	82,0	39,8
		АТС	90,5	50,3	89,8	49,4	86,6	44,4	80,1	39,4
3	35% бав., 65% ПЕ	Без обробки	91,5	48,5	87,0	41,4	85,4	36,4	75,7	38,5
		ЕТС	91,8	48,5	88,0	46,0	85,6	39,6	82,0	38,7
		МТС	91,9	48,4	87,7	45,3	85,7	38,9	81,8	35,5
		АТС	91,8	48,7	88,5	43,5	86,2	39,0	83,6	38,6
4	20% бав., 80% ПЕ	Без обробки	63,0	33,6	61,6	30,5	58,8	28,7	50,9	23,0
		ЕТС	63,0	33,7	61,6	32,5	58,8	28,2	54,3	26,7
		МТС	63,1	33,5	61,8	32,0	59,6	28,7	53,8	26,5
		АТС	63,0	33,8	61,6	31,0	58,9	29,1	54,4	25,9



**Рис. 1.** Зміна розривального навантаження зразка 1 після 100, 200 і 300 годин сонячного опромінення



**Рис. 2.** Зміна розривального навантаження зразка 2 після 100, 200 і 300 годин сонячного опромінення



**Рис. 3.** Зміна розривального навантаження зразка 3 після 100, 200 і 300 годин сонячного опромінення

Також встановлено, що бавовняні одягові тканини більш чутливі до тривалої дії сонячної радіації, ніж бавовняно-поліефірні та поліефірно-бавовняні. Так, наприклад, якщо після 300 годин сонячного опромінення тканина вар. 1, оброблена ЕТС, знизилася своє розривне навантаження за основою на 26,0%, то тканини варіантів 2, 3 і 4 відповідно на 22,0, 17,3 і 19,2%.

Виявлено також, що препарати ЕТС, МТС та АТС, суттєво гальмують світлостаріння волокнистої основи досліджуваних тканин. Особливо це помітно на чистобавовняних тканинах (вар. 1) і бавовняно-поліефірних тканинах (50% бав. і 50% поліефірних волокон – вар. 2). Так, наприклад, якщо до оброблення ЕТС розривальне навантаження тканин вар. 1 і вар. 2 після 300 год. їх опромінення знизилось відповідно на 26,0% і 22,0%, то після оброблення ЕТС у цих тканинах за основою розривальне навантаження знизилось відповідно на 17% і 12,5%. Аналогічна закономірність зберігається і після оброблення цих тканин препаратами МТС і АТС.

Всі вибрані для антимікробного оброблення препарати (ЕТС, МТС і АТС) ефективно захищають волокнисту основу досліджуваних тканин від тривалої дії сонячного опромінення. Тому ці препарати можна розглянути як інгібітори процесу фотодеструкції одягових текстильних матеріалів. Тому для формування заданої біостійкості та світлостійкості текстильного одягового матеріалу обов'язково слід враховувати не тільки їхню стійкість до дії різних фізіологічних груп і видів мікроорганізмів (особливо волокноруйнуючих), але і загальний вміст волокон, барвника і біоцидного препарату в процесі їх мікробіологічного та атмосферного старіння. При цьому здатність гальмувати знебарвлення пофарбувань і світлостаріння волокнистої основи слід вважати однією із найважливіших переваг вибраних для дослідження тіосульфатних препаратів.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Узагальнення критеріїв оцінки атмосферостійкості досліджуваних бавовняно-поліестерових одягових тканин дозволяє зробити однозначний висновок про доцільність широкого використання на вітчизняних текстильних підприємствах тіосульфатних обробних препаратів ЕТС, МТС та АТС.

Встановлено, що препарати ЕТС, МТС та АТС зручні та безпечні у використанні, не мають негативного впливу на зміну механічних властивостей текстильних бавовняних і бавовняно-поліестерових одягових матеріалів. Суттєвою перевагою

препаратів ЕТС, МТС та АТС є здатність гальмувати процес світлостаріння волокнистої основи на одягових текстильних матеріалах.

Такі біоцидні препарати є перспективними для обробки тканин різних волокнистих структур за природою та потребують подальших досліджень у цьому напрямі.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Галик І.С., Семак Б.Д. Проблеми формування та оцінювання екологічної безпечності текстилю : монографія. Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2014. 488 с.

2. Пахолук О.В., Пушкар Г.О. та ін. Використання деяких поліфункціональних обробних препаратів для захисту текстильних целюлозовмісних матеріалів від мікробіологічних пошкоджень. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. № 1. С. 100–104.

3. Пахолук О.В., Пушкар Г.О., Галик І.С., Семак Б.Д. Проблеми формування та оцінювання біостійкості текстильних целюлозовмісних матеріалів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. № 5. С. 109–113.

4. Martirosyan I., Lubenets V., Peredriy O. Investigation on stability of textile materials for overalls processed by new biocidal preparation. *Technological Complexes. Scientific journal*. 2018. № 1(15). P. 53–59.

5. Демкович О.В., Поліщук С.О. Ресурсозберігаюча технологія вибілювання лляних платтяно-сорочкових тканин. *Вісник Київського національного університету технологій і дизайну*. 2009. № 2. С. 104–108.

6. Демкович О., Семак Б. Шляхи розширення асортименту льоновомісних товарів. *Товари і ринки*. 2007. № 1. С. 31–36.

7. Martirosyan I., Pakholiuk O., Semak B., Lubenets V., Peredriy O. Investigation of Wear Resistance of Cotton-Polyester Fabric with Antimicrobial Treatment. / In: Tonkonogyi V. et al. (eds). *Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2020. Pp. 433–441 DOI: 10.1007/978-3-030-40724-7\_44.

8. Мартиросян І.А., Пахолук О.В., Семак Б.Д., Комаровська-Порохнявець О.З., Лубенець В.І., Памбук С.А. Нові технології ефективного захисту текстилю від мікробіологічних пошкоджень. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. 2019. Т. 17, № 4, С. 621–636.

9. Peredriy O., Pakholiuk O., Martirosyan I. Thermal properties of coatings based on full aluminosiloxane polymer. *Materials Research Express*. 2020. Volume. 7. Number 1. 015342. URL: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab6c97>.

10. Мартиросян І.А., Пахолук О.В., Лубенець В.І. Вплив біоцидного оброблення целюлозовміс-

них текстильних матеріалів на зміну їх властивостей. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. № 6. С. 94–99.

**REFERENCES:**

1. Halyk, I.S., Semak, B.D. (2014), Problemy formuvannya ta otsiniuvannya ekolohichnoi bezpechnosti tekstyliu: monohrafiia. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi komertsiiinoi akademii, 488 s.
2. Pakholiuk, O.V., Pushkar, H.O. ta in. (2019), Vykorystannya deiakyykh polifunktsionalnykh obrobnykh preparativ dlia zakhystu tekstylnykh tseliulozovmisnykh materialiv vid mikrobiolohichnykh poshkodzen. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. № 1. S. 100–104.
3. Pakholiuk, O.V., Pushkar, H.O., Halyk I.S., Semak B.D. (2019), Problemy formuvannya ta otsiniuvannya biostiikosti tekstylnykh tseliulozovmisnykh materialiv. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. № 5. S. 109–113.
4. Martirosyan, I., Lubenets V., Peredriy O. (2018), Investigation on stability of textile materials for overalls processed by new biocidal preparation. *Technological Complexes. Scientific journal*. № 1(15). P. 53–59.
5. Demkovych, O.V., Polishchuk, S.O. (2009), Resursozberihaiucha tekhnolohiia vybiliuvannya llianykh plattiano-sorochkovykh tkanyn. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii i dyzainu*. № 2. S.104–108.
6. Demkovych, O., Semak, B. (2007), Shliakhy rozshyrennia asortymentu lonovmisnykh tovariv. *Tovary i rynky*. № 1. S. 31–36.
7. Martirosyan, I., Pakholiuk, O., Semak, B., Lubenets, V., Peredriy, O. (2020), Investigation of Wear Resistance of Cotton-Polyester Fabric with Antimicrobial Treatment. In: Tonkonogyi V. et al. (eds). *Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. Pp. 433–441. DOI: 10.1007/978-3-030-40724-7\_44.
8. Martyrosian, I.A., Pakholiuk, O.V., Semak, B.D., Komarovska-Porokhniavets, O.Z., Lubenets, V.I., Pambuk, S.A. (2019), Novi tekhnolohii efektyvnoho zakhystu tekstyliu vid mikrobiolohichnykh poshkodzen. *Nanosystemy, nanomaterialy, nanotekhnolohii*. T. 17, № 4, S. 621–636.
9. Peredriy, O., Pakholiuk, O., Martirosyan, I. (2020), Thermal properties of coatings based on full aluminosiloxane polymer. *Materials Research Express*. Volume. 7. Number 1. 015342. Retrieved from: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab6c97>.
10. Martyrosian, I.A., Pakholiuk, O.V., Lubenets, V.I. (2018), Vplyv biotsydnoho obroblennia tseliulozovmisnykh tekstylnykh materialiv na zminu yikh vlastyvostei. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. № 6. S. 94–99.

*Стаття надійшла до редакції 20.12.2021*

## СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 637.5(075.8)

**Бужанська М. В.,**  
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,  
Researcher ID: G-2366-2019,  
к.х.н., доц., доцент кафедри харчових технологій,  
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

### ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОКОЛОЇДІВ – ПЕРЕВАГА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕГЕТАРІАНСЬКИХ СТРАВАХ

**Анотація.** Сьогодні спостерігається тенденція підвищеної уваги до розроблення нових технологій отримання вегетаріанських продуктів харчування з використанням харчових добавок. Проаналізовано асортимент гідроколоїдів, що використовуються як структуроутворюючі харчові добавки. Експериментально досліджено основні реологічні властивості як основу використання їх у вегетаріанських стравах. Проведено дослідження з визначення гідрофільності структуроутворювачів індикаторно-рефрактометричним методом, віскозиметричним методом визначено характеристичну та динамічну в'язкість, потенціометричним (електрометричним) методом визначено рН, титриметрично – загальну кислотність гідроколоїдів. Обґрунтовано теоретичні та прикладні аспекти використання біополімерів харчовими добавками вегетаріанських страв. Вивчені функціонально-технологічні властивості досліджуваних гідроколоїдів дозволять розширити спектр їхнього застосування. Показано, що введення в рецептуру крохмалю модифікованого Gelix C15 дозволить виготовляти продукцію при нижчих теплових режимах та призведе до збереження поживних та біологічно активних речовин отриманого продукту, рівень рН крохмалю модифікованого кукурудзяного Gelix C15 (E1404) сповільнює процеси ретроградації харчової системи, а значення гідрофільності сприятливо впливають на структурні властивості. Зроблено висновок, що використання модифікованих крохмалів покращує технологічні властивості продуктів, полегшує ведення технологічного процесу та передбачає економічну привабливість їх використання. На основі досліджень фізико-хімічних властивостей модифікованого кукурудзяного крохмалю Gelix C15 (E1404) науково обґрунтовано та теоретично підтверджено доцільність використання цієї харчової добавки у технології виготовлення вегетаріанських страв.

**Ключові слова:** гідроколоїди, модифікований крохмаль, пектин, агар-агар, харчові добавки, гідрофільність, в'язкість, загальна та активна кислотність.

**Buzhanska M. V.,**  
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,  
Researcher ID: G-2366-2019,  
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technologies,  
Lviv University of Trade and Economics, Lviv

### PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HYDROCOLOIDS – ADVANTAGE OF THEIR USE IN VEGETARIAN DISHES

**Abstract.** Today there is a tendency to pay more attention to the development of new technologies for vegetarian food with the use of different food additives. The range of hydrocolloids used as structure-forming food additives is analyzed. The main rheological properties as a basis for their use in vegetarian dishes have been experimentally studied. A study was carried out to determine the hydrophilicity of structurants by indicator-refractometric method, viscosimetric method determined the characteristic and dynamic viscosity, potentiometric (electrometric) method determined pH, titrimetrically analyzed the total acidity of

*hydrocolloids. Theoretical and applied aspects of the use of biopolymers with food additives of vegetarian dishes are substantiated. The functional and technological properties of the studied hydrocolloids will allow to expand the range of their application. It is shown that the introduction of modified starch Gelix C15 will allow to produce products at lower thermal conditions and will preserve the nutrients and biologically active substances of the product because the pH level of modified corn starch Gelix C15 (E1404) slows down the processes of retrogradation of the food system. on structural properties. It is concluded that the use of modified starches improves the technological properties of products, facilitates the technological process and provides economic attractiveness of their use. Based on studies of physicochemical properties of modified corn starch Gelix C15 (E1404) the feasibility of using this food additive in the technology of vegetarian dishes were scientifically substantiated and theoretically confirmed.*

**Key words:** hydrocolloids, modified starch, pectin, agar-agar, food additives, hydrophilicity, viscosity, total and active acidity.

**JEL Classification:** L66, O14

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-06>

**Постановка проблеми.** Важливе завдання під час виготовлення харчових продуктів – отримання необхідного зовнішнього вигляду, смаку та аромату готової продукції. Фізико-хімічні властивості сировини та харчових добавок дозволяють спрогнозувати якість виробів та набути високої споживчої привабливості продукту. В технології приготування страв біополімери відіграють роль сполучної і структуроутворюючої речовини [1; 2]. Актуальність досліджень полягає у збільшенні попиту та перспективі використання гідроколідів [3–6]. Саме тому авторами даної роботи проведено аналіз асортименту використовуваних сьогодні харчових стабілізаторів та експериментально вивчено фізико-хімічні властивості гідроколідів як основу використання їх у вегетаріанських стравах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні спостерігається тенденція підвищеної уваги до розроблення нових технологій отримання вегетаріанських продуктів харчування з використанням харчових добавок. Широке застосування знайшли гідроколіди, які володіють добрими структуроутворювальними властивостями. Гідроколіди – це біополімери, які є фізіологічно функціональними інгредієнтами та забезпечують нормальну роботу кишечника, знижують рівень холестерину, контролюють рівень цукру в крові, проявляють пребіотичний ефект, адсорбують значну кількість жовчних кислот, а також інші метаболіти, токсини та електроліти, що сприяє детоксикації організму [7]. Дослідження фізико-хімічних властивостей гідроколідів, описане у літературі, підтверджує використання цих речовин при виготовленні харчових продуктів.

Пектин – природний рослинний полісахарид, який поєднує в собі властивості згущувача та біо-

логічно активної сполуки [8; 9]. Значний вплив на реологічні властивості визначають наступні фактори: ступінь етерифікації, кількість баластних речовин відносно загущувача [10], молекулярна маса, температура рН середовища, вміст функціональних груп [11; 12].

Науковці різних країн невпинно працюють у напрямку модифікації крохмалю, розкривають цінні властивості продукту. Хімічно модифіковані полісахариди, отримані під час таких реакцій, часто характеризуються новими, цінними для практики властивостями. Застосування ферментативно гідролізованого крохмалю для виробництва нежирних (вміст жиру – 12 %) виробів приводить до незначних теплових втрат і покращення органолептичних характеристик (смаку, запаху, консистенції) порівняно з традиційними виробами [13; 14]. Молекулярну структуру, властивості та застосування окисненого крохмалю описано авторами Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. Огляд описує вплив окиснення на властивості крохмалю, і ця інформація може сприяти розробленню нових окиснених крохмалів як для харчових, так і для непродовольчих продуктів. Авторами представлено основні можливості застосування окиснених крохмалів [15; 16].

Класичним представником структуроутворюючих речовин є агар-агар. До найважливіших властивостей агару відноситься його здатність утворювати оборотні гелі простим охолодженням гарячого водного розчину. Агар утворює гель при дуже низькій концентрації – 0,2% [13].

**Постановка завдання.** Виготовлення продукції для вегетаріанців є актуальним напрямком роботи в галузі конструювання харчових продуктів. Сьогодні харчові технологи стикаються з обмеженістю сировини для приготування таких

страв. Актуальність досліджень полягає у збільшенні попиту та перспективі використання гідроколоїдів. Мета дослідження полягає у визначенні реологічних властивостей гідроколоїдів та обґрунтуванні можливості їхнього використання у виготовленні вегетаріанської продукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Реологічні властивості полісахаридів сприяють широкому використанню їх у харчовій промисловості. Їхня структуроутворювальна властивість пов'язана з гідрофільністю. Ця величина чисельно рівна кількості зв'язаної води, що припадає на 100 г абсолютно сухої речовини високомолекулярної сполуки. Гідрофільність зумовлена присутністю численних ОН-груп у структурі речовини. Проведено дослідження з визначення гідрофільності структуроутворювачів індикаторно-рефрактометричним методом [17]. Вода є важливою складовою харчових продуктів: дисперсійне середовище і розчинник, що зумовлює консистенцію і структуру харчових продуктів, впливає на їх зовнішній вигляд, смак та стійкість продуктів у процесі зберігання. Кількість вологи в продукті визначає його енергетичну цінність, оскільки чим більше в ньому міститься води, тим менше корисних сухих речовин (білків, жирів, вуглеводів та ін.) в одиниці маси.

На основі експериментальних даних бачимо, що досліджувані гідроколоїди можуть адсорбувати велику кількість вологи (табл. 1). Найкращу гідрофільну здатність має пектин NH яблучний – 85%. У NH пектині етерифіковано менше 28 % всіх карбоксильних груп, тому він має більшу гідрофільну здатність, ніж LM пектин (етерифіковано близько 50 % карбоксильних груп), які здатні до гідрофобної взаємодії, що значно впливає на процес структуроутворення та узгоджується з даними статті [18]. Аналізуючи результати для досліджуваних крохмалів, було встановлено, що найкращу гідрофільність має крохмаль кукурудзяний модифікований Gelix C15 – 69% (що значно перевищує даний показник для крохмалю кукурудзяного нативного – 37%). Для агар-агару (E406) гідрофільність рівна 69%.

Процес клейстеризації гідроколоїдів є важливою технологічною властивістю, оскільки визначає консистенцію продукту. Клейстеризація біополімерів – це руйнування нативної структури, що супроводжується набряканням [19]. Нативні крохмалі утворюють клейстери, які мають ряд недоліків [13]. Модифікація нативного крохмалю дає можливість отримати похідні, які мають ряд переваг: дозволяють створювати широкий спектр

продуктів гелеподібної, драглеподібної та піноподібної структури, сприяють покращенню консистенції, стабілізують харчові системи та здатні подовжувати термін зберігання напівфабрикатів та готових виробів [20].

Визначено температуру початку утворення клейстеру. Як видно з таблиці, зразки нативних крохмалів клейстеризувалися при нижчих температурах. Клейстеризація зразків агар-агару відбувалася при дещо вищих температурах – 87°C. Використання агар-агару потребує для приготування веганських страв підвищених температур, що приводить до втрати вітамінів під час технологічного оброблення сировини.

Досліджувані гідроколоїди використовують також як загущувачі, адже вони збільшують в'язкість харчових продуктів та формують структуру гелю різної міцності, дозволяють отримувати продукти бажаної консистенції [21]. Саме тому важливими є дослідження в'язкості водних розчинів гідроколоїдів, що дозволить забезпечити необхідні технологічні характеристики при створенні нових продуктів. Визначення відносної, характеристичної в'язкості та молекулярної маси гідроколоїдів проводили у капілярному віскозиметрі згідно з [22]. В'язкість розчинів гідроколоїдів залежить від розміру і форми їх молекул та конформацій, прийнятих ними в розчиннику. Вплив цих параметрів на конформаційні структури для пектину описали Liang, R.-H., Wang, L.-H [23].

В'язкість клейстеру обумовлена не стільки присутністю набряклих крохмальних зерен, скільки здатністю розчинених у воді полісахаридів утворювати тривимірну сітку, яка утримує більшу кількість води, ніж крохмальні зерна [24].

Значення в'язкості для досліджуваних систем, які визначені (табл. 1), корелюють із літературними даними і дозволяють використовувати їх у вегетаріанських стравах як загущувачі. Встановлено, що найменшу початкову динамічну в'язкість при 20 °C має крохмаль модифікований кукурудзяний Gelix. Таке значення пов'язуємо з його структурою. Результатом окислення є утворення крохмалю з короткими молекулярними ланцюгами. Чітко прослідковується закономірність: в'язкість розчинів біополімерів із більшою молекулярною масою вища за в'язкість розчинів, що складається з компактних молекул [24].

Рівень кислотності при виробництві продуктів харчування і напоїв – важливий показник стабільності якості та безпеки. Для харчових продуктів виділяють активну (істинну) та загальну



Фізико-хімічні характеристики харчових гідроколоїдів,  $t = 20^{\circ}\text{C}$ 

Назва гідроколоїда	Кислотність, °	pH	Характеристична в'язкість, [η]	Динамічна* в'язкість, h	Молекулярна маса	Гідрофільність β, %	Температура клейстеризації, °C
Крохмаль картопляний ТМ «Сто пудів», E1400	13,22	6,9	0,482	$66,35 \times 10^{-4}$	173 352	46	65
Крохмаль кукурудзяний ТМ «Август», E1400	33,34	6,9	0,137	$22,25 \times 10^{-4}$	27259	37	67
Крохмаль модифікований кукурудзяний Gelix C15, E1404	50,57	5,3	0,015	$12,13 \times 10^{-4}$	1055	69	67
Пектин NH, E440	66,09	3,3	0,157	$37,15 \times 10^{-4}$	249543	76	60
Пектин LM яблучний очищений, E440	77,58	3,0	0,134	$26,54 \times 10^{-4}$	214643	82	64
Агар-агар, E406	7,47	5,5	0,128	$22,18 \times 10^{-4}$	31 324	77	87

\*Динамічну в'язкість розчинів гідроколоїдів визначали для розчинів з концентрацією 1 %.

(титровану) кислотності [25]. Істинна кислотність характеризується концентрацією йонів Гідрогену та виражається величиною pH. Величина pH впливає на наступні технологічні параметри: утворення компонентів смаку й аромату, характерних для конкретного виду продукту; колоїдну та термічну стабільність полідисперсної харчової системи; біологічну стійкість; активність ферментів; умови росту корисної мікрофлори і її вплив на процеси дозрівання [13]. Суттєвий вплив на процеси клейстеризації має pH середовища. Найкраще драглювання для більшості гідроколоїдів відбувається при pH, що відповідає ізоелектричній точці ( $\text{pH} = 4,8$ ). Зі зміною pH по обидві сторони від ізоелектричної точки макромолекули набувають однойменний заряд і між ними виникають сили відштовхування, зв'язок не утворюється. При додаванні надлишкових кількостей кислоти або лугу ступінь іонізації йоногенних груп зменшується і здатність до застигання знову збільшується [25].

Характерною властивістю драглів є синерезис. Із часом кількість зв'язків між полімерними ланцюгами в гелях збільшується. Структурна сітка гелю стискається і з нього виділяється частина розчинника, що містить незначну кількість розчиненого полімеру. Процес старіння гелю з утворенням більш щільного драглу й розведеного розчину полімеру називається синерезисом (від грецького *sinereiso* – стягати). На процес старіння гелю впливає процес гідролізу. Швидкість гідролізу залежить від концентрації та виду кислоти, температури та тривалості обробки [26].

Усі відомі теорії механізму каталізу передбачають утворення активного комплексу  $\text{H}^+$  з молекулами полісахариду. При цьому приєднання  $\text{H}^+$  до кисню глюкозидного зв'язку збуджує і робить його лабільним. Чим вища їхня концентрація  $\text{H}^+$  в системі, тим більшою є швидкість гідролізу гідроколоїдів.

У міру старіння гелю (втрата гідрофільних властивостей при поступовому кислотному гідролізі) посилюється відділення рідини. Зростання кислотності на цьому етапі зумовлює пролонгацію відділення сироватки навіть після часткової структуризації гелю. Дані, наведені Krall S. M. та McFeeters R. F., говорять про прискорення процесу гідролізу для пектинових речовин при  $\text{pH}=3$  та сповільнення цього процесу при  $\text{pH}=5$  [27]. Можемо говорити про сповільнення процесів ретроградації для біополімерів, pH яких вищі, ніж для пектину, скажімо, для крохмалю модифікованого кукурудзяного Gelix  $\text{pH}=5$  (табл. 1). Це підтверджує його добрі реологічні властивості.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Проведений аналіз літературних джерел та результати власних досліджень підтверджують можливість заміни дорогих зразків харчових добавок на високоякісні та дешевші, якими є модифіковані крохмалі. Впровадження в склад продукту крохмалю модифікованого Gelix C15 дозволить виготовляти продукцію при нижчих теплових режимах, у результаті сприятиме збереженню поживних та біологічно активних речовин нового продукту, визначене значення pH для крохмалю модифіко-

ваного кукурудзяного Gelix C15 (E1404) сприяє сповільненню процесів ретроградації харчової системи, а значення гідрофільності сприятливо впливають на структурні властивості. Використання модифікованих крохмалів покращує технологічні властивості продуктів, полегшує ведення технологічного процесу та передбачає економічну привабливість їх використання. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у роботі над питаннями щодо вивчення впливу та взаємодії досліджуваних гідроколоїдів із іншими рецептурними компонентами харчових продуктів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Shahzad S. A., Hussain S. M., Abdellatif A., Alamri M. S., Qasem A. A., A. Pasting, thermal, textural and rheological properties of rise starch blended with different hydrocolloid gums. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 56. N. 3. P. 781–791. URL: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.6901>.
2. Khalil H. P. S. Abdul, Lai T. K., Tye Y. Y., Rizal S., Chong E. W. N., Yap S. W., Hamzah A. A., Fazita M. R. Nurul., Paridah M. T. A review of extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications. *Express Polymer Letters*. 2018. Vol. 12. N. 4. P. 296–317. URL: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.27>.
3. Yuk G., Hwang S., Lee J. Enhanced stability of crude protease from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by adding hydrocolloid for organic processed food uses. *Food Biotechnology*. 2017. Vol. 31. N. 3. P. 162–176. URL: <https://doi.org/10.1080/08905436.2017.1331451>.
4. Manoli T., Nikitchina T., Menchinska A., Cui Z., Barysheva Y. The potential of uronide hydrocolloids for the formation of sensory characteristics of health products from hydrobionts. *Food Science & Technology*. 2021. Vol. 15. N. 2. P. 42–49. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2111>.
5. Teimouri S., Abbasi S., Scanlon M. G. Stabilisation mechanism of various inulins and hydrocolloids: Milk–sour cherry juice mixture. *International Journal of Dairy Technology*. 2018. Vol. 71. N. 1. P. 208–215. URL: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12376>.
6. Junqueira L. A., Amaral T. N., Leite O. N., Prado M. E. T., Resende J. V. Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. *International Journal of Food Properties*. 2018. Vol. 21. N. 1. P. 21–35. URL: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1437177>.
7. Нутриціологія. Частина 2 : навчальний посібник / Н.В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, І.В. Цихановська та ін. Харків : УПА, 2012. 246 с.
8. Mohen D. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology* 2008. Vol. 11. N. 3. P. 266–277. URL: <https://doi/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.
9. Monfregola L., Leone M., Vittoria V., Amodeo P., Luca S. D. Chemical modification of pectin: environmental friendly process for new potential material development. *Polymer Chemistry*. 2011. P. 800–804. URL: <https://doi:10.1039/c0py00341g>.
10. Камбулова Ю.В., Соколовська І.О. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1. С. 68–73. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit\\_2014\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_16).
11. Євлаш В.В. Розробка науково обґрунтованих технологій продукції підвищеної харчової цінності з використанням структуроутворювачів різного походження. *Наукові праці НУФТ*. 2017. Т. 23, № 5, Ч. 1. С. 115–123.
12. Крапивницька І.О. Технологія пектину та пектинопродуктів : курс лекцій для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми навчання. Київ : НУХТ, 2016. 110 с.
13. Гуменюк О.Л. Харчова хімія : тексти лекцій для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія». Чернівці : ЧДТУ, 2013. 244 с.
14. Yan H., Zhengbiao G. U. Morphology of modified starches prepared by different methods. *Food Research International*. 2010. Vol. 43. N. 3. P. 767–772. URL: <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.815627>.
15. Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. G. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 221. P. 1546–1559. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>.
16. Adeleke O. A., Emmanuel T. A. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch : biosynthesis, nutrition, biomedical*. 2013. Vol. 66. N. 1-2. P. 41–47. URL: <https://doi.org/10.1002/star.201300106>.
17. Методи дослідження харчових продуктів та сировини та фізико-хімічні методи аналізу. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт і тестові завдання для контролю рівня знань студентів спеціальностей 181 «Харчові технології», 241 «Готельно-ресторанна справа», 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» / Скоробогатий Я.П., Василечко В.О., Бужанська М.В., Гузій А.В. Львів : Вид-во ЛТЕУ, 2018. 83 с.
18. Flutto L. Pectin: Properties and determination. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition). *Academic Press*. 2003. P. 4440–4449. URL: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00901-9>.
19. Lopez-Gil A., Silva-Bellucci F., Velasco D., Ardanuy M. and Rodriguez-Perez M. A. Cellular

structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating. *Ind. Crop. Prod.* 2015. Vol. 66. P. 194–205. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.025>.

20. Garcia M. C., Franco C. M., Soares M. S., Caliaril M. Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch. *J Therm Anal Calorim.* 2016. Vol.123. P. 919–926. URL: <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4990-5>.

21. Beninca C, Colman T. A. D., Lacerda L. G., Filho M. A. S. C., Demiate I. M., Bannach H. G., Schnitzler E. Thermal, rheological, and structural behaviors of natural and modified cassava starch granules, with sodium hypochlorite solutions. *J Therm Anal Calorim.* 2013. Vol. 111. P. 2217–2222. URL: <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2592-z>.

22. Остапович Б.Б., Герцик О.М., Ковалишин Я.С. Лабораторні роботи з хімії високомолекулярних сполук : Практикум для студентів хімічного факультету. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 276 с.

23. Liang R.-H., Wang L.-H., Chen J., Liu W., Liu C. M. Alkylated pectin: Synthesis, characterization, viscosity and emulsifying properties. *Food Hydrocolloids* 2015. Vol. 50. P. 65–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.007/>.

24. Харчова хімія : навчальний посібник / В.В. Євлаш та ін. Харків : Світ книг, 2012. 504 с.

25. Методи контролю якості харчових виробництв : лабораторний практикум для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» професійного спрямування «Технології харчування» ден. та заоч. форм навч. / уклад. А.В. Неміріч, О.О. Петруша, К.А. Науменко, О.М. Вашека. Київ : НУХТ, 2014. 116 с.

26. Властивості розчинів біополімерів. Ізoelekтрична точка білка. Захист курсової роботи «Хімія біогенних елементів» : метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, О.О. Завада, Л.В. Лук'янова та ін. Харків : ХНМУ, 2017. 36 с.

27. Krall S. M., McFeeters R. F. Pectin hydrolysis: Effect of temperature, degree of methylation, pH, and calcium on hydrolysis rates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1998. Vol. 46. N.4. P. 1311–1315. URL: <https://doi.org/10.1021/jf970473y>.

#### REFERENCES:

1. Shahzad S. A., Hussain S. M., Abdellatif A., Alamri M. S., Qasem A. A., A. (2019), Pasting, thermal, textural and rheological properties of rise starch blended with different hydrocolloid gums, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 56, N. 3, p. 781-791, available at: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.6901>.

2. Khalil H. P. S. Abdul, Lai T. K., Tye Y. Y., Rizal S., Chong E. W. N., Yap S. W., Hamzah A. A.,

Fazita M. R. Nurul., Paridah M. T. (2018), A review of extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications, *Express Polymer Letters*, vol. 12, N. 4, p. 296-317, available at: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.27>.

3. Yuk G., Hwang S., Lee J. (2017), Enhanced stability of crude protease from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by adding hydrocolloid for organic processed food uses, *Food Biotechnology*, vol. 31, N. 3, p. 162-176, available at: <https://doi.org/10.1080/08905436.2017.1331451>.

4. Manoli T., Nikitchina T., Menchinska A., Cui Z., Barysheva Y. (2021), The potential of uronide hydrocolloids for the formation of sensory characteristics of health products from hydrobionts, *Food Science & Technology*, vol. 15, N. 2, p. 42-49, available at: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2111>.

5. Teimouri S., Abbasi S., Scanlon M. G. (2018), Stabilisation mechanism of various inulins and hydrocolloids: Milk-sour cherry juice mixture, *International Journal of Dairy Technology*, vol. 71, N. 1, p. 208-215, available at: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12376>.

6. Junqueira L. A., Amaral T. N., Leite O. N., Prado M. E. T., Resende J. V. (2018), Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods, *International Journal of Food Properties*, vol. 21, N. 1, p. 21-35, available at: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1437177>.

7. Dudenko N. V. (2012), Nutrytsiolohiia. Chastyna 2 : navchal'nyj posibnyk, N. V. Dudenko, L. F. Pavlots'ka, I. V. Tsykhanovs'ka ta in., UIPA, Kharkiv, 246 s.

8. Mohen D. Pectin structure and biosynthesis, *Current Opinion in Plant Biology* 2008, vol. 11, N. 3, p. 266-277, available at: <https://doi/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.

9. Monfregola L., Leone M., Vittoria V., Amodeo P., Luca S. D. (2011), Chemical modification of pectin: environmental friendly process for new potential material development, *Polymer Chemistry*, p. 800-804, available at: <https://doi:10.1039/c0py00341g>.

10. Kambulova Yu. V., Sokolovs'ka I. O. (2014), Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvostej rozchyniv pektyniv, al'hinatu natriiu ta ikh kompleksiv, *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, № 1, s. 68-73, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit\\_2014\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_16).

11. Yevlash V. V. (2017), Rozrobka naukovo obhruntovanykh tekhnolohij produktsii pidvyschenoi kharchovoi tsinnosti z vykorystanniam strukturoutvoriuvachiv riznoho pokhodzhennia, *Naukovi pratsi NUFT*, T. 23, № 5, Ch. 1, s. 115-123.

12. Krapyvnyts'ka I. O. (2016), Tekhnolohiia pektynu ta pektynoproduktiv : kurs lektzij dlia studentiv osvith'oho stupenia "bakalavr" spetsial'nosti 181 "Kharchovi tekhnolohii" dennoi formy navchannia, NUKhT, K., 110 s.

13. Humeniuk O. L. (2013), Kharchova khimiia : teksty leksij dlia studentiv napriam u pidhotovky 6.051701 "Kharchovi tekhnolohii ta inzheneriia", ChDTU, Chernihiv, 244 s.
14. Yan H., Zhengbiao G. U. (2010), Morphology of modified starches prepared by different methods, *Food Research International*, vol. 43, N. 3, p. 767-772, available at: <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.815627>.
15. Vanier N. L., El Halal S. L. M., Dias A. R. G. (2017), Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review, *Food Chemistry*, vol. 221, p. 1546-1559, available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>.
16. Adeleke O. A., Emmanuel T. A. (2013), Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review, *Starch : bio-synthesis, nutrition, biomedical*, vol. 66, N. 1-2, p. 41-47, available at: <https://doi.org/10.1002/star.201300106>.
17. Skorobohatyj Ya. P., Vasylechko V. O., Buzhans'ka M. V., Huzij A. V. (2018), Metody doslidzhennia kharchovykh produktiv ta syrovyny ta fizyko-khimichni metody analizu. Metodychni vказivky ta zavdannia do vykonannia laboratornykh robot i testovi zavdannia dlia kontroliu rivnia znan' studentiv spetsial'nostej 181 "Kharchovi tekhnolohii", 241 "Hotel'no-restoranna sprava", 076 "Pidpriemnytstvo, torhivlia ta birzhova diial'nist", Vyd-vo LTEU, L'viv, 83 s.
18. Flutto L. (2003), Pectin: Properties and determination. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), *Academic Press*, p. 4440-4449, available at: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00901-9>.
19. Lopez-Gil A., Silva-Bellucci F., Velasco D., Ardanuy M. and Rodriguez-Perez M. A. (2015), Cellular structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating, *Ind. Crop. Prod.*, vol. 66, p. 194-205, available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.025>.
20. Garcia1 M. C., Franco C. M., Soares M. S., Caliar1 M. (2016), Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch, *J Therm Anal Calorim*, vol. 123, p. 919-926, available at: <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4990-5>.
21. Beninca C, Colman T. A. D., Lacerda L. G., Filho M. A. S. C., Demiate I. M., Bannach H. G., Schnitzler E. (2013), Thermal, rheological, and structural behaviors of natural and modified cassava starch granules, with sodium hypochlorite solutions, *J Therm Anal Calorim*, vol. 111, p. 2217-2222, available at: <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2592-z>.
22. Ostapovych B. B., Hertsyk O. M., Kovalyshyn Ya. S. (2019), Laboratorni roboty z khimii vysokomolekuliarnykh spoluk : Praktykum dlia studentiv khimichnoho fakul'tetu, LNU imeni Ivana Franka, L'viv, 276 s.
23. Liang R.-H., Wang L.-H., Chen J., Liu W., Liu C. M. (2015), Alkylated pectin: Synthesis, characterization, viscosity and emulsifying properties, *Food Hydrocolloides*, vol. 50, p. 65-73, available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.007/>.
24. Kharchova khimiia : navchal'nyj posibnyk, V.V. Yevlash ta in. (2012), Svit knyh, Kharkiv, 504 s.
25. Metody kontroliu iakosti kharchovykh vyrobnytstv : laboratornyj praktykum dlia stud. napriam u 6.051701 "Kharchovi tekhnolohii ta inzheneriia" profesijnoho spriamuvannia "Tekhnolohii kharchuvannia" den. ta zaoch. form navch., uklad. A. V. Niemirich, O. O. Petrusha, K. A. Naumenko, O. M. Vasheka (2014), NUKhT, K., 116 s.
26. Vlastyvosti rozchyniv biopolimeriv. Izoelektrychna tochka bilka. Zakhyst kursovoi roboty "Khimii biohennykh elementiv" : Metod. vказ. dlia studentiv 1-ho kursu, uklad. H. O. Syrova, O. O. Zavada, L. V. Luk'ianova ta in. (2017), KhNMU, Kharkiv, 36 s.
27. Krall S. M., McFeeters R. F. (1998), Pectin hydrolysis: Effect of temperature, degree of methylation, pH, and calcium on hydrolysis rates, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, N.4, p. 1311-1315, available at: <https://doi.org/10.1021/jf970473y>.

Стаття надійшла до редакції 18.12.2021

УДК 637.052:664.8.037.5:641

**Гіренко Н. І.,**

*girenko\_ni@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6854-8257,*

*к.т.н., старший викладач кафедри технологій виробництва і професійної освіти,*

*Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Старобільськ, Луганська область*

**Крамаренко Д. П.,**

*kramarenko\_dp@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1353-686X,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти,*

*Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Старобільськ, Луганська область*

**Дуб В. В.,**

*vvdub7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2078-4426,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри торгівлі, готельно-ресторанної та митної справи,*

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧИХ ДОБАВОК НА МІКРОСТРУКТУРНІ ПОКАЗНИКИ ФАРШУ З М'ЯСОМ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ ПІД ЧАС ЗАМОРОЖУВАННЯ-РОЗМОРОЖУВАННЯ**

**Анотація.** Стаття присвячена дослідженню впливу кріостабілізуючих добавок на мікроструктурні показники фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами під час заморожування-розморозжування. В якості кріостабілізуючих добавок запропоновано використання емульсійної системи з гідролізатом колагену риб і порошок ламінарії сушеної. Мікроструктурними дослідженнями було встановлено, що у дослідному зразку з кріостабілізуючими добавками середній діаметр часточок на  $10,1 \pm 0,5\%$  відсотка більше, ніж у контрольному, що добавки сприяють агрегації частинок і стабілізації структури нативного фаршу, та рівномірному розподілу під час перемішування. Мікроморфометрія свідчить про різке зменшення середнього розміру часток, але якщо в дослідному зразку він зменшується на  $26,01 \pm 0,02\%$ , то у контрольному зразку середній діаметр зменшився у  $2,41 \dots 2,43$  рази, тобто в  $5,43 \dots 5,44$  рази більше, ніж у дослідному. Після заморожування і розморозжування у дослідному зразку краще зберігаються частинки. Якщо загальна кількість часточок після заморожування і розморозжування у контрольному зразку збільшується на  $49,21 \pm 0,02\%$ , то у дослідному зразку кількість часточок збільшується лише на  $6,94 \pm 0,03\%$ . Заморожування і наступне розморозжування значно зменшує співвідношення великих і дрібних часточок, так, якщо у контрольному зразку воно складає  $1:1,56$ , то після розморозжування складає  $1:5,67$ . Для дослідного зразка цей процес не такий виражений: якщо до заморожування співвідношення великих і дрібних часточок  $1:1,70$  то після розморозжування  $1:2,85$ . Таким чином, дослідженнями встановлено, що введення кріостабілізуючих добавок, а саме емульсійної системи з гідролізатом колагену риб і порошку ламінарії сушеної призводить до стабілізації нативної структури фаршу і значно впливає на збереження структури при заморожуванні і розморозжуванні, запобігаючи розширанню і зменшенню розміру часточок.

**Ключові слова:** кріостабілізатори, структура, фаршеві напівфабрикати, гідробіонти, кулінарні вироби, емульсійна система, заморожування.

**Hirenko N. I.,**

*girenko\_ni@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6854-8257,*

*Ph.D., Senior Lecturer, Senior Lecturer of the Department of Production Technologies and Professional Education,*

*Luhansk Taras Shevchenko National University, Starobilsk*

**Kramarenko D. P.,**

*kramarenko\_dp@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1353-686X,*

*Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Professional Education,*

*Luhansk Taras Shevchenko National University, Starobilsk*

**Dub V. V.,**

*vdub7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2078-4426,*

*Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Trade, Hotel, Restaurant and Customs business, State Biotechnological University, Kharkiv*

## **RESEARCH OF EFFECTS CRYABILITATING ADDITIVES ON MICROSTRUCTURAL PARAMETERS OF SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH MEAT AND HYDROBIONTS DURING FREEZING AND DEFROSTING**

**Abstract.** *The article is devoted to the study of effects of cryostabilizing additives on microstructural indications of stuffing with meat and plant hydrobionts during freezing and defrosting. As cryostabilizing additives suggested the use of emulsion system with hydrolyzate of collagen fish and powder of laminarium. Microstructural studies have found that in the sample with cryostabilizing additives, the average diameter of the particles is  $10,1 \pm 0,5\%$  more than in the control, that the additives contribute to the aggregation of particles and stabilization of the structure of the native paint, and uniform distribution during mixing. The micromorphometry shows a sharp decrease in the average size of the particles, but if in the sample it decreases by  $26,01 \pm 0,02\%$ , in the control sample the average diameter decreased by 2,41 ... 2,43 times, that is 5,43 ... 5,44 times more than in the control sample. After freezing and defrosting in the control sample, parts are better stored if the total number of particles after freezing and defrosting in the sample increases by  $49,21 \pm 0,02\%$  then in the sample the number of particles increases by only  $6,94 \pm 0,03\%$ . Freezing and the next defrosting significantly reduces the ratio of large and small particles, so if in the control sample it is 1:1,56 then after defrosting is 1:5,67. For a sample, this process is not so expressed if to freeze the ratio of large and small particles 1:1,70 then after defrosting 1:2,85. Thus, studies have found that the introduction of cryostabilizing additives, namely emulsifying system with hydrolyzate of collagen fish and powder of laminarium, leads to stabilization of the native structure of semi-finished products and significantly influences the preservation of structure at freezing and defrosting, stratification and reducing the size of particles, cryostabilizing additives on microstructural parameters of semi-finished products.*

**Key words:** cryostabilisators, structure, semi-finished products, hydrobionts, culinary products, emulsion system, freezing.

**JEL Classification:** L 66.

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-07>

**Постановка проблеми.** Зберігання фаршевих напівфабрикатів забезпечується завдяки процесу заморожування. Рівномірна кристалізація води у міжклітинному просторі і всередині клітини забезпечується завдяки використанню кріопротекторів під час заморожування фаршевих напівфабрикатів. Під час тривалого зберігання це дозволяє зберегти структуру виробів та нативні властивості білків.

Заморожування фаршевих напівфабрикатів та їх консервування при адекватних низьких температурах є одним з найсучасніших методів запобігання або уповільнення псування виробів. Під час заморожування, в порівнянні з іншими методами консервування, досягається максимальне збереження оригінальних властивостей фаршевих напівфабрикатів.

Використання кріостабілізуючих добавок забезпечує найменші зміни харчової цінності та смаку фаршевих напівфабрикатів. Заморожування запобігає розмноженню мікроорганізмів, а також покращує хімічні та біохімічні процеси, що відбуваються в продукті під впливом власних ферментів, окислювання, тепла і світла.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Багато українських вчених займалися вирішенням проблем зберігання заморожених напівфабрикатів [1; 2]. Для забезпечення високих показників якості та безпеки під час реалізації технологічного циклу заморожування-розморожування м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів авторами рекомендовано використовувати емульсійні системи, що дозволить створити продукцію з необхідними функціонально-технологічними та теплофізичними показниками [3].

Автором обґрунтовано доцільність використання харчових інгредієнтів кріопротекторної дії, які дозволяють зменшити витрати м'ясної сировини під час холодильної обробки та зберігання, знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, отримати широкий асортимент продукції високої якості в умовах тривалого зберігання в замороженому стані [4].

Аналіз літературних джерел щодо впливу заморожування та зберігання при низьких температурах фаршевих напівфабрикатів на зміни їх якості та узагальнення результатів наявних розробок свідчить про те, що ці проблеми ще недостатньо вивчені. Ці обставини обумовлюють доцільність більш детального вивчення впливу кріостабілізуючих добавок на мікроструктурні показники фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами під час заморожування-розморожування.

Властивості кріопротекторів у різних харчових системах досліджувала Сімахіна Г.О. Дослідниця наголосила, що «одним із основних етапів розроблення нової технології є підбір та апробація кріопротекторів (натуральних і синтетичних) на ґрунті аналізу їх ефективності при заморожуванні клітин та тканин у кріомедицині, кріобіології тощо, і адаптація певних закономірностей, отриманих у цих галузях знань, до умов харчових середовищ і харчових технологій» [5, с. 140].

**Постановка завдання.** Нами була розроблена технологія фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами (ФМРГ) [6], в складі якого використана емульсійна система з гідролізатом колагену риб (ЕСГКР) [7] і порошок ламінарії

сушеної. За теоретичною гіпотезою емульсійна система повинна стабілізувати стан жирової фракції під час заморожування-розморожування, а добавка порошку ламінарії повинна сприяти стабілізації стану водної фракції фаршу завдяки зв'язуванню вологи гідроколоїдами, що містяться у складі водоростевої добавки. Ми поставили завдання дослідити вплив кріостабілізуючих добавок на мікроструктурні показники фаршу. З цією метою було обрано два експериментальних зразки. В якості контрольного зразка (КЗ) було обрано фарш, вироблений за відповідною рецептурою і технологією ФМРГ, в якому жир вводили в відповідному до рецептури складі в неемульсованому стані, і кількість водоростевої добавки була замінена відповідною кількістю інших інгредієнтів за рецептурою [8], в якості дослідного зразка (ДЗ) виступав зразок фаршу ФМРГ.

Для мікроструктурних досліджень була проведена стандартна методика обробки зразків та виготовлення зрізів товщиною 5-6 мкм з наступним фарбуванням барвниками гематоксилином і еозином. Світлова мікроскопія проводилась з використанням мікроскопу «AxioStar-plus» (Zeiss, ФРН). Підрахунок частинок здійснювали за допомогою програми «Відеотест».

Фрагменти фаршу були поміщені в 10% розчин формаліну де знаходилися близько 5 діб. Далі поступово проводилося зневоднення шляхом проведення через спирти зростаючої концентрації: 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 96°. Після чого виконувалася заливка досліджуваного матеріалу хлороформом, далі розчином хлороформу і парафіну, далі тільки парафіном. При застиганні парафіну з отриманих парафінових блоків за допомогою мікротома виготовлялися зрізи товщиною 5-6 мкм з наступним фарбуванням барвниками гематоксилином і еозином з приміщенням отриманого матеріалу на попередньо знежирене предметне скло.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Результати досліджень наведені на рис. 1-3 і у таблиці 1.

Як свідчать данні рис. 1, мікроскопічні компоненти КЗ представлені великими кусочками волокнистої структури, також на розрізі наявні більш дрібні шматочки та зерна крохмалю. Середній розмір часточок складає  $3367 \pm 0,06$  мкм<sup>2</sup>, а доля речовини на зрізі  $27 \pm 1\%$ . При цьому  $61 \pm 0,5\%$  часточок мають розмір рівний середньому і менше середнього,  $39 \pm 1\%$  більше середнього (рис. 1-3).

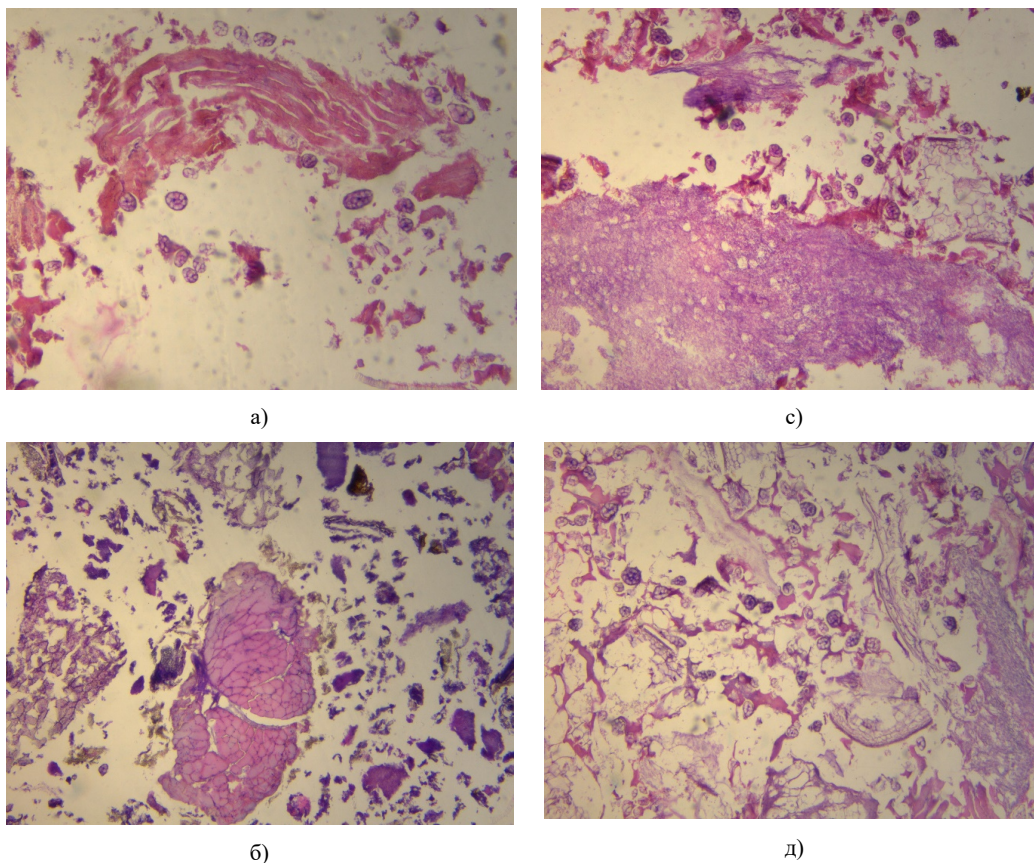


Рис 1. Мікроструктура зразків до і після заморожування, збільшення  $\times 50$  разів.  
 а) КЗ до заморожування (КЗ); б) КЗ після заморожування (КЗПЗ);  
 с) ДЗ до заморожування (ДЗ); д) ДЗ після заморожування (ДЗПЗ)

У ДЗ доля речовини на зрізі на  $22,9 \pm 1\%$  більше ніж у КЗ і середній діаметр часточок на  $10,1 \pm 0,5\%$  відсотка більше, а також більше на  $2 \pm 0,5\%$  відсотка доля великих часточок.

і у ДЗ так і у КЗ спостерігається картина розширення часточок, оскільки деякі великі частки фаршу виявилися «зруйнованими» (рис. 1).

Таблиця 1  
 Характеристика розміру часточок фаршевих мас ( $n=5, p \leq 0,05$ )

Найменування зразка	Доля речовини на зрізі, %	Кількість часточок
КЗ до заморожування (КЗ)	27	96
КЗ після заморожування (КЗПЗ)	33	189
ДЗ до заморожування (ДЗ)	35	134
ДЗ після заморожування (ДЗПЗ)	49	144

Мікроморфометрія свідчить про різке зменшення середнього розміру часток, але якщо в ДЗ він зменшується на  $26,01 \pm 0,02\%$ , то у КЗ середній діаметр зменшився у  $2,41 \dots 2,43$  рази, тобто в  $5,43 \dots 5,44$  рази більше, ніж у дослідного. Після заморожування і розморожування у ДЗ краще зберігаються частинки, якщо загальна кількість часточок після заморожування і розморожування у КЗ збільшується на  $49,21 \pm 0,02\%$  то у ДЗ кількість часточок збільшується лише на  $6,94 \pm 0,03\%$  (табл. 1).

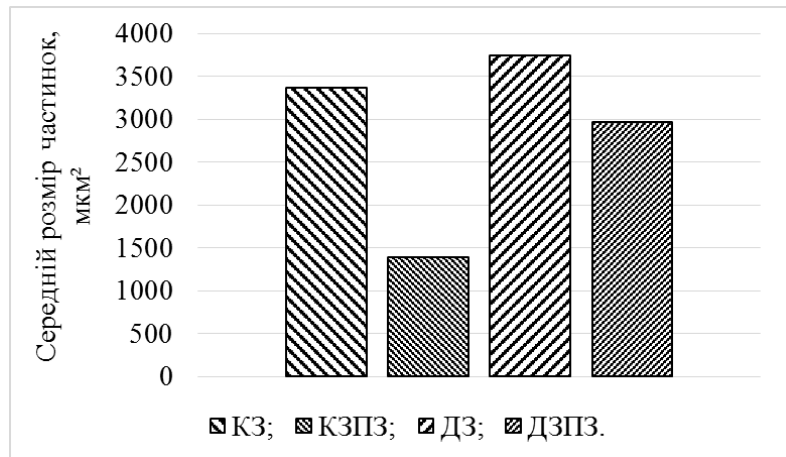
Цей факт може свідчити про те, що криостабілізуючі добавки сприяють агрегації частинок і стабілізації структури нативного фаршу, та рівномірному розподілу під час перемішування.

Заморожування і наступне розморожування значно зменшує співвідношення великих і дрібних часточок (рис.3), так якщо у КЗ воно складає  $1:1,56$  то після розморожування складає  $1:5,67$ . Для ДЗ цей процес не такий виражений, якщо до заморожування співвідношення великих і дрібних часточок  $1:1,70$ , то після розморожування  $1:2,85$ .

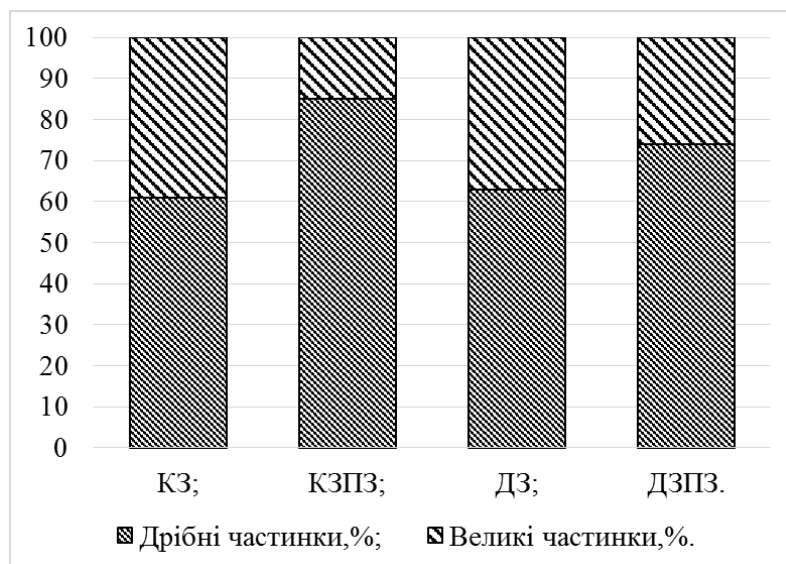
Після заморожуванні і розморожування як

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Таким чином, дослідженнями встановлено, що введення криостабілізуючих добавок, а саме емульсійної системи з гідролізатом





**Рис. 2.** Зміна середнього діаметру часточок при заморожуванні-розморожування



**Рис. 3.** Зміна співвідношення дрібних і великих часточок при заморожуванні-розморожування

колагену риб і порошку ламінарії сушеної, призводить до стабілізації нативної структури фаршу і значно впливає на збереження структури при заморожуванні і розморожуванні, запобігаючи розшаруванню і зменшенню розміру часточок.

Таким чином, перспективним є дослідження можливостей використання зазначених добавок у складі різних фаршевих мас та визначення впливу криостабілізуючих добавок на втрати маси готових виробів при тепловій обробці.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф., Студентова І.В. Вплив рецептурних компонентів на якість виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів. *Харчова наука і технологія*. 2010. №. 1. С. 17–20.

2. Козлова С.Л. Технологія фаршевих швидкозаморожених напівфабрикатів підвищеної біологічної цінності з гідробіонтів : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16. Київ, 2012.

3. Технологічні аспекти виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем : монографія / М.О. Янчева та ін. Харків : ХДУХТ, 2015. 177 с.

4. Сячко О.І. Удосконалення технології посічених напівфабрикатів з використанням кріопротекторів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Київ, 2020. 25 с.

5. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини. *Стратегія якості у промисловості та освіті: праці ІХ міжнар. конф.*, (Варна, Болгарія. 31 травня–7 червня 2013 р.). Дніпропетровськ – Варна, 2013. Т. 2. С. 140–142.

6. Крамаренко Д.П., Гіренко Н.І., Ревякіна О.О. Дослідження харчової і біологічної цінності нового комбінованого фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського*. 2018. № 28(68) С. 33–37.

7. Крамаренко Д.П., Гіренко Н.І. Розробка складу жирової композиції для емульсійної системи з добавками похідних гідробіонтів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2017. Т. 19, № 80. С. 123–127.

8. Спосіб одержання комбінованого фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами : пат. на винахід 119205 Україна : МПК А23L 13/40. № а201801081; заявл. 05.02.2018; опубл. 10.05.2019, Бюл. № 9. 7 с.

#### REFERENCES:

1. Solonytska I. V., Pshenyshniuk H. F., Studentova I. V. Vplyv retsepturnykh komponentiv na yakist vyrobiv likovalno-profilaktychnoho pryznachennia iz zamorozhenykh napivfabrykativ. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. 2010. №. 1. S. 17–20.

2. Kozlova S. L. Tekhnolohiia farshevykh shvydkozamorozhenykh napivfabrykativ pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti z hidrobiontiv: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.16. Kyiv, 2012.

3. Tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva napivfabrykativ miasnykh posichenykh zamorozhenykh iz vykorystanniam emulsiinykh system : monohrafiia /

М. О. Yancheva ta in. Kharkiv : KhDUKhT, 2015. 177 s.

4. Skochko O. I. Udoskonalennia tekhnolohii posichenykh napivfabrykativ z vykorystanniam krioprotektoriv: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.04. Kyiv, 2020. 25 s.

5. Simakhina H. O., Khalapsina S. V. Perspektivy vykorystannia krioprotektoriv v innovatsiinykh tekhnolohiakh zamorozhuvannia plodovo-yahidnoi syrovyny. *Stratehiia yakosti u promyslovosti ta osviti: pratsi IX mizhnar. konf., (Varna, Bolhariia. 31 travnia–7 chervnia 2013 r.)*. Dnipropetrovsk – Varna, 2013. Т. 2. S. 140–142.

6. Kramarenko D. P., Hireno N. I., Reviakina O. O. Doslidzhennia kharchovoi i biolohichnoi tsinnosti novoho kombinovanoho farshu z miasom ta roslynnymy hidrobiontamy. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho*. 2018. № 28(68) S. 33–37.

7. Kramarenko D. P., Hireno N. I. Rozrobka skladu zhyrovoi kompozytsii dlia emulsiinoi systemy z dobavkamy pokhidnykh hidrobiontiv. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2017. Т. 19, № 80. S.123–127.

8. Sposib oderzhannia kombinovanoho farshu z miasom ta roslynnymy hidrobiontamy : pat. na vynakhid 119205 Ukraina : MPK А23L 13/40. № а201801081; zaiavl. 05.02.2018; opubl. 10.05.2019, Biul. № 9. 7 s.

*Стаття надійшла до редакції 15.01.2022*

УДК 637.053

**Ощипок І. М.,**  
him1960@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-5427-3376,  
Researcher ID: F-4641-2019,  
д.т.н., проф., завідувач кафедри харчових технологій,  
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

## **КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ СВИНЯЧОГО М'ЯСА З РІЗНИМ ХОДОМ АВТОЛІЗУ ТА МЕТОДИ УСУНЕННЯ ЙОГО НЕСТАБІЛЬНОЇ ЯКОСТІ ПІД ЧАС ПЕРЕРОВКИ**

**Анотація.** У статті порушені проблеми діючої системи приймання-здачі худоби, яка базується на оцінці вгодованості та вмісті жиру. Виробники свинини збільшують відгодівлю свиней, які сильно піддаються гену стресу, але відповідно до замовлення виробництва ці тварини кращої вгодованості. Досліджені питання щодо переробки свинини з аномальним ходом автолізу, які дозволять значно компенсувати уривчастий характер відомих досліджень і недоліки, властиві PSE і DFD сировині. Вказано на необхідність використання показника рН для своєчасного отримання інформації про потенційну безпеку м'яса, а також про його технологічну придатність. Вказано, що класифікацію за PSE та DFD показниками слід доповнити м'ясом з перехідними властивостями, які займають проміжний стан між PSE, NOR і DFD. У свинячому м'ясі з традиційним ходом автолізу виділили три додаткові групи якості – RSE (reddish-pink, soft, exudative – червонувато-рожеве, м'яке, водянисте), RFN (reddish-pink, firm, not watery – червонувато-рожево-сіре, жорстке, неводянисте) і PFN (pale, firm, not watery – бліде, жорстке, неводянисте). Саме класифікація з виділенням шести груп якості свинини залежно від ходу автолізу є більш повною і краще враховує стан сировини для подальшої переробки. Доцільність використання цієї класифікації підтвердили дослідження, в ході яких було встановлено, що лише 6,6% туш свиней за своїми характеристиками відповідали м'ясу PSE, а їхня більшість (87%) належала до якісної групи RSE. Встановлено, що на частку PFN- і RSE-свинини припадає понад 15% від усіх дефектів порівнянно з PSE (13%) і DFD (10%). Показано три основні напрями регулювання якісних характеристик сировини з нетрадиційним ходом автолізу. Підтверджена необхідність якомога швидше розпізнавати вади якості м'яса і приймати правильні рішення про можливість і способи переробки такої сировини. Слід застосовувати комп'ютерні програми, які би сумісно працювали разом із електронними засобами вимірювання визначених параметрів тварин (зокрема, шпик), щоб мати можливість виробникам продукції збільшувати виплати за зниження показника PSE.

**Ключові слова:** автоліз, м'ясо, сировина, якість, виробни, переробка.

**Ошчупок І. М.,**  
him1960@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-5427-3376,  
Researcher ID: F-4641-2019,  
Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Food Technologies,  
Lviv University of Trade and Economics, Lviv

## **CLASSIFICATION CHARACTERISTICS OF PORK MEAT WITH DIFFERENT COURSE OF AUTOLYSIS AND METHODS OF ELIMINATION OF ITS UNSTABLE QUALITY DURING PROCESSING**

**Abstract.** The article raises the issues of the current system of reception and delivery of livestock, which is based on the assessment of fatness and fat content. Pork producers are increasing the fattening of pigs that are highly exposed to the stress gene, but according to the production order, these animals are better fattened. Issues related to the processing of pork with an abnormal course of autolysis, which will allow significantly compensate the fragmentary nature of the known studies and the shortcomings inherent in PSE and DFD raw materials. It is pointed on the need to use a pH indicator to obtain timely information on the potential safety of meat, as well as its technological suitability. It is stated that the classification by PSE and DFD indicators should be supplemented with meat with transient properties that occupy an intermediate state between PSE, NOR and

*DFD. Three additional quality groups were identified in pork meat with the traditional course of autolysis – RSE (reddish-pink, soft, exudative), RFN (reddish-pink, firm, not watery) and PFN (pale, firm, not watery).*

*It is determined that the classification with the selection of six groups of pork quality depending on the course of autolysis is more complete and better takes into account the state of raw materials for further processing. The expediency of using this classification was confirmed by studies, which found that only 6.6% of pig carcasses in their characteristics corresponded to PSE meat, and the vast majority (87%) belonged to the quality group RSE. It was found that PFN and RSE pork account for more than 15% of all defects compared to PSE (13%) and DFD (10%). Three main directions of regulation of qualitative characteristics of raw materials with unconventional course of autolysis are shown. The need to identify defects in the quality of meat as soon as possible and to make the right decisions about the possibility and methods of processing such raw materials has been confirmed. Computer software that work in conjunction with electronic means of measuring certain animal parameters (including lard) should be used to enable manufacturers to increase their PSE reduction payments.*

**Key words:** autolysis, meat, raw material, quality, products, processing.

**JEL Classification:** O13; O14

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-08>

**Постановка проблеми.** Після забою худоби через відсутність кровообігу, накопичення в тканинах кінцевих продуктів обміну і порушення осмотичного тиску в м'ясі відбувається саморозпад систем і самовільний розвиток ферментативних процесів. У результаті змінюються якісні характеристики м'яса – механічна міцність, рівень вологозв'язуючої здатності, формується смак і аромат сировини.

Настання та тривалість посмертного задубіння залежать від виду тварини та температури навколишнього середовища. Процес виявляється у затвердінні, зниженні еластичності, розтяжності та деякому скороченні м'язів.

Перші ознаки посмертного задубіння в яловичому м'ясі починають виявлятися через 5–6 год. за температури 0°C, повний розвиток задубіння настає через 18–24 год., баранини і козлятини – 18–24 год., свинини – 16–18 год. і курей – 2–4 год. Посмертне задубіння м'яса, отриманого від здорових та вгодованих тварин, триває до 48–72 год. Процес посмертного задубіння супроводжується підвищенням температури у туші в результаті виділення теплоти, яка утворюється від хімічних реакцій, що протікають у тканинах. Температура в товщі стегна через 3 години після забою тварини може досягати 39...41°C. Задубіння м'язової тканини зумовлене розпадом аденозинтриортофосфорної (АТФ) та утворенням аденозиндиортофосфорної (АДФ) та ортофосфорної кислот, а також нерозчинного актоміозинового комплексу [1–4].

Інтенсивність біохімічних змін, а також накопичення ймовірних попередників смаку й аромату залежать від умов зберігання м'яса, головним чином від температури, і залежні від швидкості

деградації високомолекулярних речовин м'язової тканини.

Біохімічні процеси, що відбуваються в м'ясі у післязабійний період, можна поділити на дві основні групи. До першої групи належать процеси, пов'язані з перетворенням білкових речовин, що призводять до зміни консистенції м'яса. До другої групи входять процеси, які призводять до накопичення продуктів, що надають м'ясу характерного смаку й аромату. Для цього м'ясо витримують протягом певного часу за низької плюсової температури. Залежно від часу, що минув після забою, та змін якісних показників автолітичні зміни м'яса умовно поділяють на фази: посмертне задубіння, дозрівання та глибокий автоліз.

Дозрівання, як і посмертне задубіння, протікає в результаті тих же реакцій, які починаються в м'язовій тканині з моменту припинення життя тварини. Після закінчення процесу посмертного задубіння починається дозрівання м'яса, в процесі якого воно набуває добрих смакових і ароматичних якостей, стає м'яким і соковитим.

Якісні зміни у м'ясі в процесі дозрівання зумовлені складним комплексом ферментативних та автолітичних компонентів. Під час дозрівання м'яса відбуваються зміни у вуглеводній системі. Глікоген через кілька проміжних реакцій перетворюється на молочну кислоту. Одночасно з проміжних фосфорних сполук вивільняється та накопичується ортофосфорна кислота. В результаті накопичення в м'ясі молочної та ортофосфорної кислот у середовищі підвищується концентрація водневих йонів, рН зсувається в кислу сторону [8].

Внаслідок накопичення молочної кислоти в процесі гліколізу та зміни рН колаген сполучної

тканини набуває позитивного заряду, який може порушити його нативну триспіральну структуру та полегшити проникнення молочної кислоти всередину молекул. Руйнування лабільних попережних зв'язків у фібрилах колагену під дією молочної кислоти посилює їхню реакційну здатність і призводить до розм'якшення [11; 12].

Амінокислоти, гліцин, аланін, ізолейцин, пролін, лізин, треонін, глютамінова кислота сприяють посиленню смаку та аромату, оскільки вступають у реакцію з відновлюючими цукрами у разі теплової обробки м'яса. У процесі гідролізу внутрішньом'язових ліпідів утворюються леткі жирні кислоти. Розвитку аромату м'яса сприяє жир, що міститься в ньому. Жиророзчинні карбонільні сполуки присутні у м'ясі до його теплової обробки [1–4; 9; 10].

У разі підвищення температури та тривалої витримки ферментативний процес дозрівання заходить так глибоко, що у м'ясі помітно збільшується кількість продуктів розпаду білків та починається процес глибокого автолізу. М'ясо набуває коричневого відтінку, в'ялої консистенції, з нього виділяється водянистий сік, з'являється затхлий запах. Поверхня м'яса волога, у ньому накопичуються продукти розпаду білків [2; 16].

Під час зберігання м'яса навіть у замороженому вигляді частково втрачається його аромат і смак внаслідок поступового випаровування ароматичних речовин.

Перші дві-три години після забою температура м'яса перебуває у межах 36...38°C, його називають парним. М'язова тканина у цей період розслаблена, вологоємність м'яса максимальна (оскільки вода у м'ясі міцно зв'язана з білками), рН середовища 6,8...7,0; виражений аромат та смак відсутні. Під час варіння парного м'яса бульйон виявляється каламутним через високу розчинність білків, м'ясо після варіння ніжне, проте кулінарні властивості його далекі від оптимальних [16].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Опис процесу дозрівання в різних літературних джерелах не має принципової різниці. Проте у разі детального розгляду отриманих результатів досліджень виникає низка неузгоджень. Здебільшого вказується досить широкий спектр «нижчих додатних температур», при цьому існує значна кількість неконкретизованих температурних і часових режимів дозрівання м'ясної сировини. Через це останнім часом у загальному обсязі м'яса, що надходить на перероблення, зростає частка м'ясної сировини з ознаками PSE (pale –

бліде, soft – м'яке, exudative – водянисте) і DFD (dark – темне, firm – щільне, dry – сухе); за даними українських і закордонних дослідників, вона становить 50% від загальної кількості.

Переробка такого м'яса за традиційною технологічною схемою приводить до нестабільної якості показників і виходу готових виробів. Збільшення кількості м'яса з ознаками PSE і DFD змушує знаходити не тільки шляхи для його ідентифікації, запобігання появі подібної сировини, але також потребує використання раціональних методів перероблення такого м'яса, адже йому притаманні нехарактерні технологічні властивості, консистенція, смак, колір і запах, що ускладнює процес отримання з нього м'ясних продуктів високої якості [3–7; 9; 10; 16].

Дослідження, спрямовані на вдосконалення способів засолу свинини з ознаками PSE і DFD, досить широко представлені в роботах вітчизняних і зарубіжних дослідників. Так, О.Б. Чурсін (1992) під керівництвом Е.Ф. Орешкіна показав, що дозрівання протягом 96 годин перед посолом, введення 2,2% кухонної солі і 20% розсолу, механічна обробка в мішалці протягом 30 хвилин протягом одного циклу і витримка у засолуванні протягом 24 годин сприяє збільшенню виходу шинкових виробів із PSE-свинини до 101%. У ході порівняльного аналізу впливу способів засолу на втрати маси м'яса свинини з різними властивостями встановили, що для PSE-свинини доцільно використовувати засолування методом заливання з подальшим дозріванням протягом п'яти діб. У процесі засолування DFD-свинини доцільно використовувати ін'єкцію сировини розсолу із наступною механічною обробкою, що дозволяє збільшити вихід продукту і підвищити його якісні характеристики. Застосування механічної обробки й електромасування під час засолування PSE-свинини не забезпечує належним чином підвищення виходу продукту через низькі гідрофільні властивості білків [1; 2]. Шприцювання найдовшого м'язу спини свинини розсолу у кількості 10%, масування протягом 30 хв. і подальше дозрівання протягом 36–48 годин призводить до зниження втрат маси в 1,4 раза для свинини з властивостями PSE і в 3,6 раза – для DFD-свинини [9; 16]. Засолування з використанням шприцювання свинини з властивостями PSE інгредієнтами в поєднанні з білково-жировою емульсією і механічною обробкою тумблерування протягом 90 хвилин сприяє отриманню шинок із щільною структурою і стійкою до нарізки [1; 2; 16]. Використання вібрмасування з частотою 40 Гц,

обертанням 10 об./хв., тривалістю 180 хв. дозволяє поліпшити структурно-механічні властивості, скоротити тривалість засолу і підвищити вихід готового продукту на 8,14% [1; 2].

Зниження PSE свинини сприяє швидкому зростанню виробництва з малими затратами і великими доходами. Системи, які дозволяють виробникам оплачувати за свинину відповідних переробці частин туш, а також заохочують регулювання PSE, мають впроваджуватися на практиці.

Зниження PSE свинини сприяє зростанню кількості виробників свинини, які включаються до швидкого вирощування вгодованої худоби. Затрати м'ясопереробної галузі зазнають значних збитків у період зниження якості і продуктивності, оскільки це впливає як на колір, так і на вологосв'язуючу здатність м'яса. Це пов'язано з тим, що свіже свиняче м'ясо втрачає вологу під час кулінарної обробки, що викликане надмірним стискуванням протягом приготування. Іншими словами, це приводить до втрати маси окостів і ковбасних виробів. Однією з істотних причин цього явища є вада PSE, яка спричиняється стресом, що генетично закладений тваринам. Багато виробників використовують м'ясо кабанів, які менше піддаються дії стресорів. Потомство, отримане від них, має більше м'ясної маси.

**Постановка завдання.** Наявна система приймання-здачі худоби ґрунтується на оцінці вгодованості та вмісті жиру. Виробники свинини збільшують відгодівлю свиней, які сильно піддаються гену стресу, але відповідно до замовлення виробництва свиней кращої вгодованості.

Дослідження, які стосуються обробки свинини з аномальним ходом автолізу, носять уривчастий характер і не дозволяють повністю компенсувати недоліки, властиві цій сировині, що свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень технологічного впливу на неї і розробки нових процесів переробки, в тому числі низькотемпературної теплової обробки ексудативної сировини.

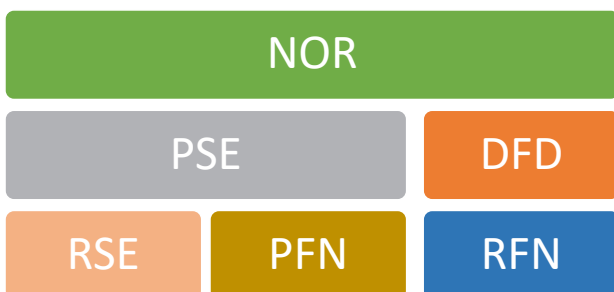
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Причиною появи свинини з аномальним ходом автолізу є стрес тварини, викликаний впливом зоотехнічних і/або технологічних стрес-факторів, при цьому особливо схильні до дії цих факторів стресчутливі породи і породопоеднання. Стресрезистентність і стресчутливість тварин великою мірою визначається генетичними факторами – породною приналежністю тварин і наявністю генетичних аномалій, асоційованих зі стійкістю до стресорів.

За допомогою галотанового тесту встановлено, що найбільш чутливі до стресів свині породи пьєтрен – 100%, бельгійський ландрас – 88%, німецький ландрас – 70%, голландський ландрас – 22% і французький ландрас – 18%, а велика біла порода свиней є стресостійкою [7]. У свиней порід вітчизняної селекції також спостерігається висока чутливість до стресів. Частота народження стресчутливих тварин білоруської великої білої породи становить 53,8%, брейтовської – 50%, кемеровської м'ясної – 33,3%, молдавської корувальної – 38,5% [7].

Механізм відповідної біологічної реакції організму тварини на стрес і поява сировини з ознаками PSE і DFD являє собою надзвичайно складний процес. Стрес призводить до порушення гомеостазу тварин, внаслідок чого у разі спроби зберегти гомеостаз активуються гіпоталамо-гіпофізарно-надниркова вісь і симпатична нервова система. Це призводить до синтезу і вивільнення кортикотропінілізінгу фактора, що тягне за собою вироблення адренкортикотропного гормону в передній долі гіпофіза, а також секрецію ряду інших гормонів гіпофіза. Аденкортикотропний гормон стимулює кору наднирників виробляти глюкокортикоїди, в тому числі кортизол, мінералокортикоїди й андрогени наднирників. Одним із наслідків синтезу глюкокортикоїдів наднирників є підвищення рівня глюкози в крові, який забезпечує збудження організму тварини, що необхідна для задоволення вищих метаболічних потреб, пов'язаних зі стресовою ситуацією. Синтез кортизолу призводить до активації ферменту фенілетаноламін N-метилтрансферази, який впливає на швидкість синтезу адреналіну і норадреналіну. Своєю чергою адреналін стимулює гліколіз, а також підвищує температуру тіла і збільшує частоту серцевих скорочень і серцевого викиду крові. За наявності значних запасів глікогену гліколіз протікає в інтенсивній формі з утворенням великої кількості молочної кислоти, що в підсумку призводить до зниження рН і утворення м'ясної сировини з вадою PSE. У тому разі, якщо розпад глікогену стався ще за життя тварини і посмертний гліколіз практично відсутній, і, як наслідок, величина рН залишається високою, така м'язова тканина набуває DFD властивості [8].

Свинина NOR має найкращі органолептичні показники: пружну консистенцію, світло-червоний колір, добре виражений приємний характерний для свинини запах, органолептичні показники свинини якості PSE, що відрізнялися від

якісного м'яса (NOR) менш пружною консистенцією, поверхня розрізу м'яса, значно зволожена (ексудативна), колір блідо-рожевий, а свинина з якістю DFD відрізняється більш темним кольором. Велике значення в контролі якості м'яса має застосування експрес-методів. До них можна віднести визначення величини рН. Цей показник широко застосовується у м'ясопереробній промисловості розвинених країн з метою постійного контролю якості м'яса-сировини. Використовується показник рН для своєчасного отримання інформації про потенційну безпеку м'яса, а також про його технологічну придатність, класифікацію за PSE та DFD показниками. Сукупність ряду негативних факторів, таких як невдала селекційна робота, інтенсифікація вирощування забійних тварин на базі промислових технологій, висока частка стресорів у трофічному ланцюгу від вирощування худоби до забою, привела до появи м'ясної сировини з аномальним ходом автолізу, що класифікуються як PSE і DFD. Свинина якісних груп PSE і DFD різко відрізняється одна від одної і від м'яса з нормальним перебігом автолітичних послязабійних процесів (NOR-м'яса) за зовнішнім виглядом, фізико-хімічними та функціонально-технологічними властивостями. Не виключена поява м'яса з перехідними властивостями, які займають проміжний стан між PSE, NOR і DFD. Так, R.G. Kauffman і співавтори у свинині з традиційним ходом автолізу виділили три додаткові групи якості: RSE (reddish-pink, soft, exudative – червонувато-рожеве, м'яке, водянисте), RFN (reddish – pink, firm, not watery – червонувато-рожево-сіре, жорстке, неводянисте) і PFN (pale, firm, not watery – бліде, жорстке, неводянисте). Саме класифікація з виділенням шести груп якості свинини залежно від ходу автолізу є більш повною і краще враховує стан сировини для подальшої переробки (рис. 1).

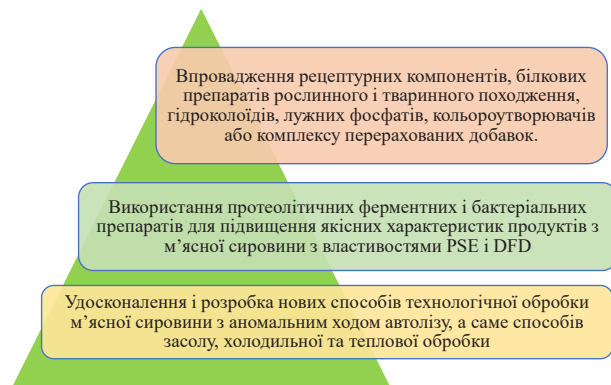


**Рис. 1. Класифікаційні ознаки свинячого м'яса з різним ходом автолізу**

Доцільність використання цієї класифікації підтвердили дослідження, в ході яких було

встановлено, що лише 6,6% туш свиней за своїми характеристиками відповідали м'ясу PSE, а їхня більшість (87%) належала до якісної групи RSE [9]. Встановлено, що на частку PFN- і RSE-свинини припадає понад 15% від усіх дефектів порівняно з PSE (13%) і DFD (10%) [15].

На сьогодні наявні три основні напрями регулювання якісних характеристик сировини з нетрадиційним ходом автолізу (рис. 2).



**Рис. 2. Основні напрями регулювання якісних характеристик сировини з нетрадиційним ходом автолізу**

Проблему засолювання свинини з аномальним ходом автолізу потрібно вирішувати в основному шляхом вивчення впливу використання різних концентрацій солей поліфосфатів та бікарбонатів натрію в поєднанні з хлоридом натрію у складі розсолів для шприцювання. Ін'єкція свинини, отриманої від голатан-позитивних тварин, протягом 24 годин після забою чотиримольярним розчином бікарбонату натрію і 0,7% розчином хлориду натрію приводить до збільшення рН сировини, підвищення соковитості, поліпшення кольору й аромату готового продукту.

Показана можливість використання поліфосфатів натрію і бікарбонату натрію як засолюваних інгредієнтів з метою підвищення рН і якісних характеристик ексудативної свинини. Електростимуляція і подальше введення поліфосфату натрію і бікарбонату шляхом шприцювання призводить до збільшення показника рН, властивого свинині групи NOR і, як наслідок, збільшуються вологоутримуюча здатність, колірні характеристики, знижуються втрати в процесі кулінарної обробки.

Розглянуто використання як ін'єкційних розсолів різних сполук і концентрацій розчинів хлориду натрію, триполіфосфату натрію і бікарбонату натрію. В ході проведених досліджень виявлено: шприцювання PSE-свинини розсолем, що включає 5% солі, 5% триполіфосфату натрію

і 3% бікарбонату натрію, призводить до збільшення виходу на 15% порівняно з неін'єкованим продуктом.

Здійснено дослідження нативного актоміозину, отриманого з PSE-свинини, що зберігалася за мінус 20°C протягом 6 місяців. В ході досліджень встановлено, що гідрофобність поверхні актоміозинового комплексу PSE-свинини значно вища, ніж свинини групи NOR, виявлені значні конформаційно-коагуляційні зміни в білках ексудативної свинини, які привели до експозиції гідрофобних залишків ароматичних амінокислот, що призводять до погіршення якості свинини в процесі низькотемпературної заморозки і тривалого зберігання.

Під час дослідження біохімічних і фізико-хімічних властивостей термообробленого актоміозину, екстрагованого з NOR і PSE-свинини, виявлена доцільність теплової обробки PSE-свинини за температур, нижчих 70°C, оскільки у разі високої температури руйнується більше від 90%  $\alpha$ -спіральної структури актоміозину, що, своєю чергою, впливає на якісні характеристики готового продукту.

Для зниження вади PSE м'ясопереробним підприємствам необхідно розвивати такі системи приймання-здачі худоби, які б забезпечували заохочення виробників, у яких продукція має найменше випадків вади PSE. Під час приймання свиней велике значення має вимірювання товщини шпиків зі сторони спини і його розміру біля очей. Для цього на підприємствах необхідно проводити прості електронні проби.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Зростаючий дефіцит м'ясної сировини та збільшення кількості м'яса з вадами PSE і DFD диктує необхідність удосконалення наявних класифікацій і технологій, які б дозволили раціонально й ефективно використовувати м'ясну сировину із зазначеними вадами. У зв'язку з викладеним вкрай актуальними є комплексні дослідження з оцінки якості м'яса свиней на придатність до тривалого зберігання і технологічної переробки. Необхідно якомога швидше розпізнавати вади якості і приймати правильні рішення про можливість і способи переробки такої сировини. Подальші дослідження необхідно проводити в напрямі вивчення динаміки вологозв'язуючої здатності м'яса у разі дозрівання та якісних показників м'язової тканини залежно від виявлених дефектів. З іншого боку, PSE доцільно виявляти через 24 г після того, як туші охолонуть.

Розробка нових і вдосконалення наявних методів засолювання не дозволяє повною мірою поліпшити функціонально-технологічні характеристики свинини з аномальним ходом автолізу. Дослідження слід спрямовувати на розроблення нових способів холодильної та теплової обробки свинини з аномальним ходом автолізу, які дотепер носять одиничний характер.

Підприємствам слід купувати чи розробляти комп'ютерні програми, які б сумісно працювали разом із електронними засобами вимірювання визначених параметрів тварин (зокрема, шпиків), щоб мати можливість виробникам продукції збільшувати виплати за зниження показника PSE. Водночас рівень PSE є дуже трансформованим і значно піддається дії зміни температури. Навесні, коли температура стає вищою, рівень PSE може подвоюватися. Виробники свинини можуть ставити справедливі вимоги щодо компенсації за втрати, а комп'ютерні програми повинні бути адаптовані до правильної оцінки продукції виробників свинини у разі підвищеної температури, коли PSE буде зростати.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Кудряшов Л.С. Созревание и посол мяса. Кемерово : Кузбассвузиздат, 1992. 201 с.
2. Кудряшов Л.С. Теория и практика интенсификации посола мяса. *Вестник Марийского государственного университета*. 2009. № 4. С. 129–133.
3. Лисицын А.Б., Татулов Ю.В. Пути повышения эффективности переработки свинины. *Все о мясе – теория и практика переработки мяса*. 2007. № 4. С. 37–41.
4. Лисицын А.Б. Требования к качеству свинины для промышленной переработки. Перспективы российско-канадского сотрудничества. *Все о мясе – теория и практика переработки мяса*. 2011. № 4. С. 8–11.
5. Ощипок І.М. Вплив стрес-фактора транспортування на худобу з урахуванням стану доріг та швидкості руху скотозвоза. *Науковий вісник ЛНУВМ ім. С.З. Гжицького*. Львів. 2016. Т. 18. № 1(65). Ч. 4. С. 96–102.
6. Ощипок І.М. Моделювання та оптимізація процесу отримання колагенвмісної сировини з м'ясних відходів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. Львів : Видавництво ЛТЕУ, 2017. № 18. С. 116–120.
7. Ощипок І.М. Харчові технології. Доставка промислових тварин на м'ясопереробні підприємства й передзайні технології утримання : монографія. Львів : Видавництво ЛТЕУ, 2017. 225 с.
8. Honikel K.O., Hamm R. Über die ursachen der abnahme des pH-wertes im fleisch nach dem schlachten. *Fleischwirtschaft*. 1974. V. 54. P. 557–560.



9. Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations / A.L. Schaefer, P.L. Dubeski, J.L. Aalhus, A.K. Tong. *Journal of Animal Science*. 2001. V. 79. P. 91–101.

10. Honkavaara M. Evaluation of animal stress and welfare during long distance transport of cattle in Finland. *45th International Congress of Meat Science and Technology*, Yokohama, Japan, August 1–6, 1999. P. 219–224.

11. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle / S.T. Joo, R.G. Kaufman, B.C. Kim, G.B. Park. *Meat Science*. 1999. V. 52. P. 291–297.

12. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle / S.T. Joo, R.G. Kauffman, B.C. Kim, C.J. Kim. *Journal of Muscle Foods*. 1995. V. 6. P. 211–226.

13. Can Pale, Soft, Exudative pork be prevented by postmortem sodium bicarbonate injection? / R.G. Kauffman, R.L.J.M. Laack, R.L. Russell, E. Pospiech, C.A. Cornelius, C.E. Suckow, M.L. Greaser. *Journal of Animal Science*. 1998. V. 27. P. 310–315.

14. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality / R.G. Kauffman, W. Sybesma, F.J.M. Smulders, G. Eikelenboom, B. Ebgel, R.L.J.M. van Laack. *Meat Science*. 1993. V. 34. P. 283–300.

15. Variation in pork quality / R.G. Kauffman, R.G. Cassens, A. Scherer, D.L. Des Moines Meeker. IA.: National Pork Producers Council Publication, 1992. 364 p.

16. Murray A.C. Reducing losses from farm gate to packer: a Canadian's perspective. In *Proceedings of the first international virtual conference on pork quality*, Concordia, Brazil, 2000. P. 72–84.

#### REFERENCES:

1. Kudriashov, L.S. (1992), *Sozrevanye y posol miasa*, Kuzbassvuzyzdat, Kemerovo, 201 s.

2. Kudriashov, L.S. (2009), *Teoriya y praktyka yntensyfykatsyy posola miasa*, *Vestnyk Maryjskoho hosudarstvennoho unyversytetu*, № 4, s. 129–133.

3. Lysytsyn, A.B. and Tatulov, Yu.V. (2007), *Puty povysheniya efektyvnosti pererabotky svynyny*, *Vse o miase – teoriya y praktyka pererabotky miasa*, № 4, s. 37–41.

4. Lysytsyn, A.B. (2011), *Trebovaniya k kachestvu svynyny dlia promyshlennoj pererabotky*, *Perspektyvy rossijsko-kanadskoho sotrudnychestva*, *Vse o miase – teoriya y praktyka pererabotky miasa*, № 4, s. 8–11.

5. Oschypok, I.M. (2016), *Vplyv stres-faktoru transportuvannia na khudobu z urakhuvanniam stanu*

*dorih ta shvydkosti rukhu skotovoza*, *Nauk. visnyk LNUVM im. S.Z. Hzhys'koho*, L'viv, T. 18. № 1(65). Ch. 4, s. 96–102.

6. Oschypok, I.M. (2017), *Modeliuvannia ta optymizatsiia protsesu otrymannia kolahenvmisnoi syrovyny z m'iasnykh vidkhodiv*, *Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu*. Tekhnichni nauky, Vydavnytstvo LTEU, L'viv, № 18, s. 116–120.

7. Oschypok, I.M. (2017), *Kharchovi tekhnolohii. Dostavka promyslovykh tvaryn na m'iasopererobni pidpriemstva j peredabijni tekhnolohii utrymannia: monohrafiia*, Vydavnytstvo LTEU, L'viv, 225 s.

8. Honikel, K.O. and Hamm R. (1974), *Über die ursachen der abnahme des pH-wertes im fleisch nach dem schlachten*, *Fleischwirtschaft*, V. 54, p. 557–560.

9. Role of nutrition in reducing antemortem stress and meat quality aberrations / A.L. Schaefer, P.L. Dubeski, J.L. Aalhus, A.K. Tong (2001), *Journal of Animal Science*, V. 79, r. 91–101.

10. Honkavaara, M. (1999), *Evaluation of animal stress and welfare during long distance transport of cattle in Finland*, *45th International Congress of Meat Science and Technology*, Yokohama, Japan, August 1–6, p. 219–224.

11. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle / S.T. Joo, R.G. Kaufman, B.C. Kim, G.B. Park (1999), *Meat Science*, v. 52, p. 291–297.

12. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle / S.T. Joo, R.G. Kauffman, V.S. Kim, C.J. Kim. 1995, *Journal of Muscle Foods*, v. 6, r. 211–226.

13. Can Pale, Soft, Exudative pork be prevented by postmortem sodium bicarbonate injection? / R.G. Kauffman, R.L.J.M. Laack, R.L. Russell, E. Pospiech, C.A. Cornelius, C.E. Suckow, M.L. Greaser. 1998, *Journal of Animal Science*, V. 27, p. 310–315.

14. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality / R.G. Kauffman, W. Sybesma, F.J.M. Smulders, G. Eikelenboom, B. Ebgel, R.L.J.M. van Laack (1993), *Meat Science*, v. 34, r. 283–300.

15. Variation in pork quality / R.G. Kauffman, R.G. Cassens, A. Scherer, D.L. Des Moines Meeker (1992), IA.: National Pork Producers Council Publication, 364 r.

16. Murray, A.C. (2000), *Reducing losses from farm gate to packer: a Canadian's perspective*. In *Proceedings of the first international virtual conference on pork quality*, Concordia, Brazil, p. 72–84.

*Стаття надійшла до редакції 17.12.2021*

УДК 664.6 : 664.7

**Романовська О. Л.,**

romaolga35@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-560X

к.т.н., доцент кафедри технології та організації готельно-ресторанного бізнесу,  
Чернівецький торговельно-економічний інститут ДТЕУ, м. Чернівці

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ БІСКВІТІВ З БОРОШНОМ «ЗДОРОВ'Я»

**Анотація.** На сучасному етапі актуальним завданням харчової промисловості є удосконалення хімічного складу та реологічних властивостей бісквітів, які характеризуються високим вмістом простих вуглеводів та низьким вмістом білку, вітамінів, мінеральних елементів. Метою статті є розроблення рецептури бісквітів підвищеної харчової цінності. Проведено аналіз сучасних досліджень щодо підвищення харчової цінності та реологічних властивостей бісквітів та встановлено необхідність розроблення нових технологій бісквітів підвищеної харчової цінності. У статті проведено оптимізацію рецептурного складу бісквітів з додаванням борошняних сумішей, а саме борошна пшеничного вищого сорту, борошна «Здоров'я» та порошку керобу. Під час розроблення рецептури бісквітів проведено часткову заміну борошна пшеничного вищого сорту на борошно «Здоров'я» у концентрації від 10 до 50% та повну заміну порошку какао на порошок керобу. Спроектовано та представлено модель оптимізації рецептурного складу бісквітного тіста за оптимальних значень в'язкості бісквітного тіста, вмісту клітковини та тривалості випікання. Розв'язавши оптимізаційну задачу моделювання клітковини, концентрація борошна «Здоров'я» становила 10%, в'язкості бісквітного тіста та тривалість випікання – 50%. У ході досліджень за даними аналізу якості бісквітного тіста встановлено раціональну концентрацію борошна «Здоров'я», яка становить 30%. Наведені дані дослідження реологічних показників, тривалості випікання, а також показників хімічного складу свідчать, що додавання борошна «Здоров'я» у концентрації 30% збільшить харчову цінність бісквітів та зменшить тривалість їх випікання. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначення задоволення потреб організму людини корисними нутрієнтами (борошно «Здоров'я» та порошок керобу), які входять до складу бісквіту.

**Ключові слова:** борошно «Здоров'я», клітковина, тривалість випікання, в'язкість, бісквіти, оптимізація.

**Romanovska O. L.,**

romaolga35@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4027-560X

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department of technologies and organization of Hotel and Catering Business, Chernivtsi Institute of Trade and Economics of SUTE, Chernivtsi

## MODELING OF THE RECIPE COMPOSITION OF SPONGE CAKE WITH FLOUR “ZDOROVIA”

**Abstract.** At the present stage, the urgent task of the food industry is to improve the chemical composition and rheological properties of sponge cake, which are characterized by high content of simple carbohydrates and low content of protein, vitamins and minerals. The aim of the article is to develop a recipe for sponge cake of high nutritional value. An analysis of modern research on the nutritional value and rheological properties of sponge cake and the need to develop new technologies for sponge cake of high nutritional value. The article optimizes the recipe composition of sponge cake with the addition of flour mixtures, namely premium wheat flour, “Zdorovia” flour and carob powder. During the development of the sponge cake recipe, a partial replacement of high-grade wheat flour with “Zdorovia” flour in a concentration of 10 to 50% and a complete replacement of cocoa powder with carob powder were carried out. A model for optimizing the recipe composition of sponge dough with optimal values of viscosity of sponge dough, fiber content and baking time is designed and presented. After solving the optimization problem of fiber modeling, the concentration of “Zdorovia” flour was 10%, the viscosity of the sponge dough and the baking time was 50%. In the course of research, according to the analysis of the quality of sponge dough, a rational concentration of “Zdorovia” flour was established, which is 30%. The results of studies of rheological indicators, the baking time, as well as indicators of chemical composition show that the addition of “Zdorovia” flour in a concentration of 30% will

increase the nutritional value of sponge cake and reduce the duration of baking. Further research should be aimed at determining the needs of the human body with useful nutrients ("Zdorovia" flour and carob powder), which are part of the sponge cake.

**Key words:** flour "Zdorovia", fiber, baking time, viscosity, sponge cake, optimization.

**JEL Classification:** L 60, L 66

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-09>

**Постановка проблеми.** Бісквіти користуються широким попитом у населення та становлять значну частку в обсязі виробництва борошнених кондитерських виробів. Основною сировиною для виробництва бісквітів є пшеничне борошно. Разом з тим відомо, чим вищий сорт борошна, тим менше в ньому біологічно активних речовин – вітамінів, мінеральних елементів. Воно відзначається високим вмістом вищих полісахаридів крохмальної природи [1]. Тому актуальним завданням є розроблення бісквітів підвищеної харчової цінності. При цьому важливо не тільки покращення нутрієнтного складу, але і збереження структурно-механічних властивостей бісквітного тіста, які залежать від внутрішньої структури системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізом сучасних літературних джерел встановлено, що удосконалення наявних технологій бісквітних напівфабрикатів спрямоване переважно на використання різної нетрадиційної сировини з метою регулювання поживної цінності та підвищення стійкості бісквітного тіста під час виробництва та випікання [2–6]. З цієї метою до складу бісквітів додають пектиновмісну сировину, подрібнені сирі бульби топінамбуру та ксампану, екструдоване кукурудзяне борошно тощо.

**Постановка завдання.** Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження нових технологій бісквітних виробів із використан-

ням борошна «Здоров'я» (БЗ) та порошку керобу [7; 8]. Тому основне завдання – оптимізувати рецептурний склад бісквітів підвищеної харчової цінності зі збереженими реологічними властивостями.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для визначення раціонального вмісту БЗ у бісквітному тісті проведено оптимізацію рецептурного складу, експериментальні числові значення якого наведено у таблиці 1.

Результати оптимізації свідчать, що у сукупності три показники зі збільшенням кількості борошна «Здоров'я» у бісквіті ведуть себе по-різному (клітковина збільшується, а тривалість випікання та в'язкість – зменшуються). Тому пропонується знайти такі концентрації пшеничного борошна вищого сорту та борошна «Здоров'я», за яких кожний з показників буде оптимальним. Для цього необхідно взяти таку пропорцію, яка буде одночасно найближчою до знайдених трьох оптимальних значень у сукупності. Для визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ у бісквіті був використаний такий алгоритм:

**крок 1:** застосовуючи регресійний аналіз для експериментальних числових даних таблиці 1 (використавши надбудову «Аналіз даних» електронних таблиць Microsoft Excel), знаходимо функціональну залежність показника від концентрації БПВС (змінна  $x_1$ ) та БЗ (змінна  $x_2$ );

**крок 2:** для одержаної на попередньому кроці функції двох змінних  $x_1$  і  $x_2$  одержуємо математичну оптимізаційну модель;

Таблиця 1

**Експериментальні числові значення для оптимізації рецептурного складу бісквітного тіста з борошном «Здоров'я»**

Показники	Контроль (БПВС*) 100%:0% (28.12:0)	Співвідношення, % (кількість, г) БПВС:БЗ				
		90%:10% (25.31:2.81)	80%:20% (22.5:5.62)	70%:30% (19.69:8.43)	60%:40% (16.87:11.25)	50%:50% (14.06:14.06)
Клітковина, г min	2,1	2,76	3,42	4,08	4,74	5,4
Тривалість випікання, хв. min	24,0	21,0	19,0	17,0	16,5	15,5
В'язкість, Па·с max	3,00	2,97	2,71	2,67	1,58	1,42

\*БПВС – борошно пшеничне вищого сорту

**крок 3:** розв’язок оптимізаційної задачі знаходимо за допомогою надбудови електронних таблиць Microsoft Excel «Пошук розв’язку».

Першим етапом математичного моделювання буде визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ за вмістом клітковини. Двовимірна залежність клітковини від кількості БПВС (змінна  $x_1$ ) та БЗ (змінна  $x_2$ ) наведено на рис. 1.

Математичний запис цієї залежності можна представити у вигляді функції:

$$f_{klik}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272, \quad (1)$$

Математична оптимізаційна задача (модель) для клітковини має вигляд (2) – (3):

$$f_{klik}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 28,12; \\ 14,06 \leq x_1 \leq 25,31; \\ 2,81 \leq x_2 \leq 14,06, \end{cases} \quad (3)$$

Розв’язавши оптимізаційну задачу моделювання клітковини (2)–(3) за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», одержали такий розв’язок: за концентрації БПВС – 25,31 г та БЗ – 2,81 г оптимальне значення клітковини  $f_{klik} = 2,76002265$ .

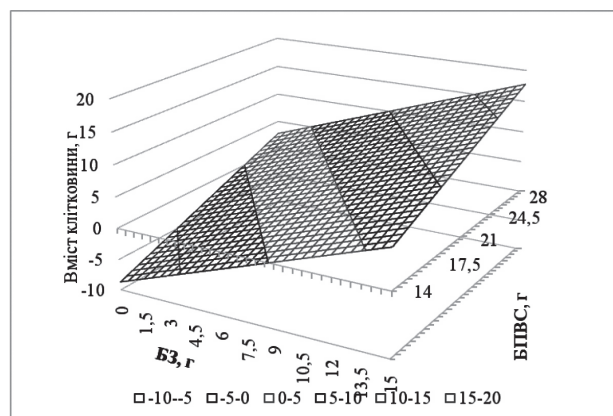


Рис. 1. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від вмісту клітковини

Наступним етапом математичного моделювання є визначення раціональної концентрації БПВС та БЗ за тривалістю випікання. За експериментальними даними знайдено коефіцієнти регресійної залежності тривалості випікання. Двовимірна залежність тривалості випікання від кількості БПВС (змінна  $x_1$ ) та БЗ (змінна  $x_2$ ) наведена на рис. 2.

Аналітичний запис функції тривалості випікання має вигляд:

$$f_{klejk}(x_1, x_2) = 0x_1 - 0,853398095780779x_2 + 23,9979662831792, \quad (4)$$

Математична оптимізаційна модель для тривалості випікання є майже такою, як і для показ-

ника «клітковина», але замість цільової функції (2) використовується цільова функція:

$$f_{klejk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,234684476x_2 + 2,100559272 \rightarrow \min, \quad (5)$$

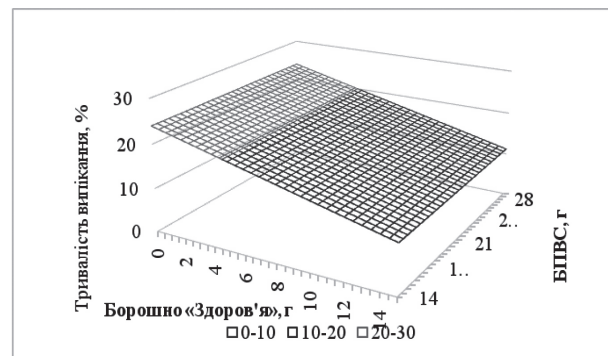


Рис. 2. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від тривалості випікання

Розв’язавши оптимізаційну задачу моделювання тривалості випікання (5), (3) за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», одержали такий розв’язок: за кількості БПВС – 14,06 г та БЗ – 14,06 г оптимальне значення тривалості випікання  $f_{klejk} = 15,9991890534192$ .

У разі створення лінійної регресійної математичної моделі в’язкості типу (1) або (4) виявилось, що розрахункові значення в’язкості порівняно з експериментальними даними дають похибку, більшу за точність їх одержання в експерименті. Тому використовували таку нелінійну регресію п’ятого ступеня:

$$f_{vjazk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,013939132x_2 + 0,030480784(x_2)^2 - 0,007199654(x_2)^3 + 0,000701521(x_2)^4 - 0,0000219223(x_2)^5 + 1,42. \quad (6)$$

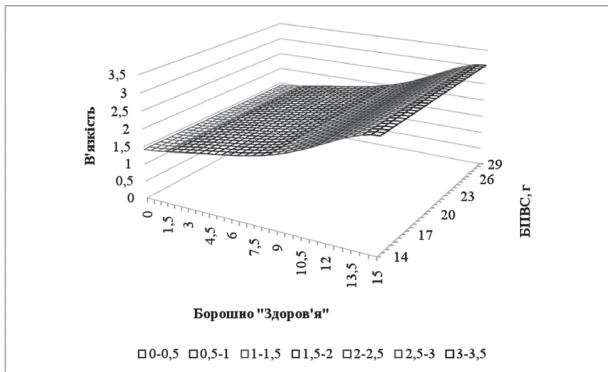
Цільовою функцією в математичній оптимізаційній моделі для в’язкості буде функція (6), яка повинна досягти найбільшого значення, тобто:

$$f_{vjazk}(x_1, x_2) = 0x_1 + 0,013939132x_2 + 0,030480784(x_2)^2 - 0,007199654(x_2)^3 + 0,000701521(x_2)^4 - 0,0000219223(x_2)^5 + 1,42 \rightarrow \max. \quad (7)$$

Задача (7), (3) є нелінійною оптимізаційною задачею, яку також розв’яжемо за допомогою надбудови Microsoft Excel «Пошук розв’язку», вибравши метод, призначений для розв’язання нелінійних оптимізаційних задач. У результаті одержимо розв’язок: за кількості БПВС – 14,06 г та БЗ – 14,06 г оптимальне значення в’язкості  $f_{vjazk}(x_1, x_2) = 3$ . Двовимірна залежність в’язкості від кількості БПВС (змінна  $x_1$ ) та БЗ (змінна  $x_2$ ) наведена на рис. 3.

Розрахунки показали, що в точці, яка має координати (14,06; 14,06), оптимальних значень

набуває тривалість випікання і в'язкість, а клітковина – у точці з координатами (25,31; 2,81). Середина відрізка, який з'єднує ці дві точки, однаково віддалена від них і матиме наступні координати  $((14,06+25,31)/2)$ ;  $(14,06+2,81)/2 = (19,685; 8,435)$ . Отже, раціональна концентрація борошняної суміші становить: 70% БПВС та 30% БЗ.



**Рис. 3. Раціональна концентрація борошна «Здоров'я» залежно від в'язкості**

Отримані результати є однією з передумов розробки рецептури та технології виробництва випеченого бісквітного напівфабрикату з концентрацією БЗ у кількості 30% та повною заміною порошку какао на порошок керобу.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Оптимізація рецептурного складу бісквітів із суміші борошна «Здоров'я» і порошку керобу за показниками ефективної в'язкості бісквітного тіста, вмісту клітковини та тривалості випікання дала змогу визначити раціональне співвідношення БПВС:БЗ, яке становило 70:30.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Сирохман И.В. Кондитерские изделия из нетрадиционного сырья. Київ: Техніка, 1987. 197 с.
2. Красина И.Б., Хандамова Т.С., Ткачева Ю.Н. Разработка технологии функционального бисквита с применением пищевых волокон. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1 (26). С. 8–12.
3. Йовбак У.С., Оболкіна В.І., Крапивницька І.О. Застосування пектиновмісної овочевої сировини під час виробництва комбінованих борошняних кондитерських виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. № 30. С. 69–75.
4. Лісовська Т.О., Чорна Н.В., Дьяков О.Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2 (11). С. 19–23.
5. Макарова О.В., Иоргачева Е.Г., Котузакі Е.Н. Свойства бисквитных полуфабрикатов на основе муки из продуктов переработки гречки. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 1. С. 47–50.

6. Iorgachova K., Makarova O., Kotuzaki E. The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products. *Зернові продукти і комбікорми*. 2011. Vol. 64. Iss. 4. P. 16–21.

7. Пат. 75226, МПК А21D 2/00. Спосіб отримання борошна із зерна пшениці, пророщеного у розчині морської харчової солі. Заявник та патентовласник М.Ф. Кравченко, М.Ю. Криворучко, Т.М. Поп, А.В. Антоненко, О.Ю. Гаврилюк (UA). № u 2014 05636 ; заявл. 08.05.2012 ; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

8. Yousif A.K., Alghzawi H.M. Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 69 (3). P. 283–287.

#### REFERENCES:

1. Sirohman, I.V. (1987), *Kondyterskye yzdelyia yz netradytsyonnoho syria* [Confectionery from non-traditional raw materials], Technics, Kyiv, Ukraine.
2. Krasina, I.B., Handamova, T.S., Tkacheva, Ju.N. (2014), *Razrobotka tehnologii funkcional'nogo biskvita s primeneniem pishhevyyh volokon* [Development of functional biscuit technology using dietary fiber]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. № 1 (26). S. 8–12.
3. Yovbak, U.S., Obolkina, V.I., Krapivnytska, I.O. (2013), *Zastosuvannia pektynovmisnoi ovochevoi syrovyny pid chas vyrobnytstva kombinovanykh boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv* [The use of pectin-containing vegetable raw materials in the production of combined flour confectionery]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*. № 30. S. 69–75.
4. Lisovska, T.O., Chorna, N.V., Diakov, O.H. (2016), *Doslidzhennia reolohichnykh vlastyvostei biskvitnoho tista z vykorystanniam ekstrudovanoho kukurudzianoho boroshna* [Investigation of rheological properties of biscuit dough using extruded corn flour]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij*. № 2 (11). S. 19–23.
5. Makarova, O.V., Iorgacheva, E.G., Kotuzaki, E.N. (2011), *Svoystva biskvitnykh polufabrikatov na osnove muki iz produktov pererabotki grechki* [Properties of biscuit semi-finished products based on flour from buckwheat processing products]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. № 1. S. 47–50.
6. Iorgachova K., Makarova O., Kotuzaki E. (2011), The influence of gluten-free flours on the quality indicators of biscuit semi-finished products. *Zerнови продукти і комбікорми*. Vol. 64. Iss. 4. P. 16–21.
7. Pat. 75226, MPK A21D 2/00. Spisib otrymannia boroshna z zerna pshenytsi, proroshchenoho u rozchyni morskoi kharchovoi soli [The method of obtaining flour from wheat grain germinated in a solution of sea salt]. Zaiavnyk ta patentovlasnyk M.F. Kravchenko, M.Yu. Kryvoruchko, T.M. Pop, A.V. Antonenko, O.Yu. Havryliuk (UA). № u 2014 05636 ; zaiavl. 08.05.2012 ; opubl. 26.11.2012, Biul. № 22.
8. Yousif A.K., Alghzawi H.M. (2000), Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*. Vol. 69 (3). P. 283–287.

*Стаття надійшла до редакції 03.01.2022*

**УДК 664.6 : 664.65**

**Федорів В. М.,**

*fedoriv55@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4499-0910,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область*

**Підлісний В. В.,**

*v.pidlisnyj37@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4718-7787,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область*

**Семенов О. М.,**

*som\_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,*

*к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область*

**Єрменчук О. О.,**

*здобувач вищої освіти,*

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ НА АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Анотація.** У статті досліджуються актуальні проблеми просіювання сипких матеріалів за допомогою повітряного потоку як у комбінації із ситовими установками, так і окремо у разі провіювання і пересипання; оптимальний розмір отворів сит, а також фракційні характеристики просіювальних харчових сипких мас, від яких залежать технологічна ефективність і питома продуктивність просіювальних машин. Метою статті є оцінка механіки процесу вібраційного просіювання та визначення меж інтенсивності коливань робочої поверхні, які є основними факторами щодо адгезійних властивостей шару сипких матеріалів. У ході дослідження встановлено, що зниження негативних наслідків адгезії і раціональне використання сил адгезійної взаємодії шару сипких часток з контактуючою робочою поверхнею дозволяє інтенсифікувати процес просіювання. Виявлено, що наявність адгезійного зв'язку часток з контактуючою просіюючою поверхнею істотно впливає на процес вібропереміщення сипких матеріалів. Доведена залежність процесу просіювання сипких матеріалів і параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки, які істотно впливають на технологічну ефективність і питому продуктивність процесу просіювання. Визначено механіку процесу вібраційного просіювання; межі інтервалу інтенсивності коливань просіювальної поверхні; теоретичні залежності параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки і конструктивну схему вібраційного просіювача сипких матеріалів. Сформульовані конкретні завдання щодо підвищення ефективності процесу інтенсифікації просіювання, продуктивності та зменшення енерговитрат у разі вібропереміщення сипких матеріалів. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на покращення конструкцій вібраційних просіювачів, більш значного зменшення фізичного опору потоку матеріалу, раціонального використання енергії приводу та підвищення ефективності просіювання сипких матеріалів.

**Ключові слова:** сипкий матеріал, сито, просіювання, адгезія, вібропереміщення.

**Fedoriv V. M.,**

*fedoriv55@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4499-0910,*

*Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,*

*Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region*

**Pidlisnyy V. V.,**

*v.pidlisnyj37@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4718-7787,*

*Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,*

*Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region*

**Semenov O. M.,**

*som\_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,*

*Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,*

*Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region*

**Yermenchuk O. O.,**

*Higher Education Applicant,*

*Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region*

## **JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF THE INTENSIFICATION OF THE SCREENING PROCESS ON THE ADHESION PROPERTIES OF BULK MATERIALS**

**Abstract.** *The article studies the current problems of screening of bulk materials by airflow, both in combination with sieve installations, and separately during screening and pouring; the optimal size of the holes of the sieves, as well as the fractional characteristics of the sifting food bulk masses, which depend on the technological efficiency and specific productivity of sifting machines. The purpose of the article is to evaluate the mechanics of the vibration screening process and determine the limits of the intensity of vibrations of the working surface, which are the main factors in the adhesive properties of a layer of bulk materials. In the course of the study, it was found that the reduction of the negative consequences of adhesion and the rational use of the forces of adhesive interaction of a layer of loose particles with a contacting working surface makes it possible to intensify the sifting process. It was found that the presence of the adhesive bond of the particles with the contacting sieving surface significantly affects the process of vibrational movement of bulk materials. It is proved that the dependence of the sifting process of bulk materials and the parameters of the vibrational displacement of a layer of flour particles on the parameters of the deck oscillations, which have a significant impact on the technological efficiency and specific productivity of the sifting process. The mechanics of the process of vibratory screening; limits of the intensity interval of vibrations of the screening surface; theoretical dependences of the parameters of vibration displacement of a layer of flour particles on the parameters of vibrations of the deck and the design scheme of the vibrating sifter of bulk materials are determined. Specific tasks have been formulated to increase the efficiency of the process of intensification of screening, productivity, and reduction of energy consumption during vibratory movements of bulk materials. Further research should be aimed at improving the design of vibrating screens, more significantly reducing the physical resistance of the material flow, rational use of drive energy, and increasing the efficiency of screening of bulk materials.*

**Key words:** bulk material, sieve, screening, adhesion, vibration displacement.

**JEL Classification:** L 66.

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-10>

**Постановка проблеми.** Для поділу сипких продуктів на фракції за величиною часток використовуються машини, робочим органом яких є система рухомих сит, або повітряний потік. Ці машини вико-

ристовуються для видалення сторонніх домішок із сипких матеріалів [1, с. 163–166; 9, с. 234–236].

Класифікація сипких продуктів за допомогою повітряного потоку застосовується як у комбіна-

ції із ситовими установками (повітряні і ситові сепаратори), так і окремо у разі провіювання і пересипання (аспіраційні колонки та ін.). Якість і обсяг виробництва готової продукції, безсумнівно, залежать від ефективності роботи просіювальних машин. Розмір отворів сит, а також фракційні характеристики просіювальних харчових сипких мас є визначальними факторами, від яких залежать технологічна ефективність і питома продуктивність просіювальних машин.

Зменшення прохідного перетину отворів сита сприяє їхньому забиванню високодисперсним сипучим продуктом. І, як наслідок, таке явище призводить до зниження ефективності і питомої продуктивності процесу просіювання [3, с. 18–19; 5, с. 51–54].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Просіювання і переміщення сипких матеріалів, які широко використовуються на харчових підприємствах і підприємствах ресторанного господарства, розглянуто в роботах П.А. Вечерського, С.Ф. Абдуліна, В.Д. Анахіна, Й.Й. Блехмана та інших вітчизняних і закордонних учених.

До основних способів просіювання, які мають практичне значення, належать: ситове, пневмопросіювання, електрогравітаційне та вібропросіювання.

Ситове просіювання використовується давно і постійно вдосконалюється. Основний недолік цього способу просіювання полягає в тому, що його роздільна здатність і питома продуктивність знижуються зі зменшенням граничної крупності часток внаслідок забивання вічок сита високодисперсним сипким продуктом.

Пневматичне просіювання, яке здійснюється в потоці повітряного середовища, набуло широкого використання у виробництві легкосипких порошків. Проте для просіювання борошна цей спосіб не знайшов практичного використання.

В останні десятиріччя широкого розвитку набуло вібропросіювання [4, с. 45–47; 5, с. 51–54; 8, с. 24–25]. До найважливіших переваг цього способу просіювання належать висока питома продуктивність і низька енергоємність у разі досить високої ефективності просіювання. Вібропросіювач з еліптичними коливаннями створено у Львівському політехнічному інституті В.Д. Анахіним. Проведено теоретичні й експериментальні дослідження просіювання у разі вібропереміщення порошкоподібних продуктів поверхню, яка виконує бігармонійні коливання. Теорія вібраційного розділення тісно пов'язана із теорією вібропереміщення і достатньою мірою розроблена для випадку грубозернистих сипких

матеріалів. Взаємодія частин сипкого продукту з віброуючою поверхнею апроксимується законом сухого тертя Амонтона.

В основу способу вібраційного просіювання грубозернистих сипких матеріалів покладено переміщення в різних напрямках незв'язаних між собою досить важких часток просіювальною поверхнею деки, яка коливається під гострим кутом до горизонту. Незважаючи на вплив повітряного середовища, процес просіювання здійснюється в розрідженому моношарі за формою, пружністю і властивостями поверхонь часток.

Технологічна ефективність розділення і роздільна здатність процесу вібропросіювання перебуває у зворотній залежності від питомого завантаження просіювальної поверхні деки. Ця обставина стримує подальшу розробку і впровадження у виробництво вібраційного способу просіювання.

Удосконалення та розробка раціональних конструкцій просіювачів сипких матеріалів і збільшення ефективності їх роботи – одне з основних завдань науковців.

Зважаючи на все вищесказане, перспективним є вібропросіювання, яке забезпечує суттєву інтенсифікацію процесу та зменшує питомі витрати електроенергії.

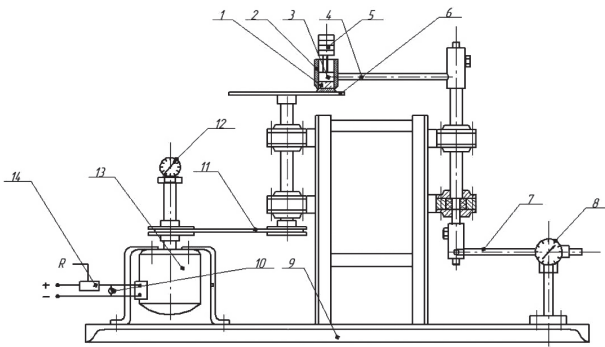
**Постановка завдання.** Метою дослідження процесу вібропросіювання є визначення переміщення сипких продуктів похилими віброуючими поверхнями з розробкою нових конструкцій просіювачів борошна [6, с. 24–25].

Для досягнення мети вирішено низку взаємозалежних наукових завдань, а саме: досліджено та встановлено механіку процесу вібраційного просіювання; встановлено межі інтервалу інтенсивності коливань просіювальної поверхні; отримано теоретичні залежності параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки; запропоновано конструктивну схему вібраційного просіювача борошна і оцінено його економічну ефективність.

Аналіз літературних джерел висвітлює залежність коефіцієнта тертя від гранулометричного складу сипучої маси: зі зменшенням розміру часток збільшується значення коефіцієнта тертя. Однак цей фактор пояснюється проявом адгезійного зв'язку високодисперсних часток із контакуючою поверхнею, а не підвищеними фракційними властивостями часток [2, с. 54–57].

З метою виявлення впливу швидкості ковзання  $U$  та питомого навантаження  $S$  на коефіцієнт тертя  $\mu$  у русі сипких матеріалів по сталі розроблено дослідну установку (рис. 1).





**Рис. 1.** Дослідна установка для визначення коефіцієнта тертя: 1 – дослідний матеріал; 2 – порожнистий циліндр діаметром 0,05 м; 3 – притисковий поршень; 4, 7 – важелі; 5 – металеві пластини; 6 – диск; 8 – динамометр; 9 – станина; 10 – вольтметр; 11 – пасова передача; 12 – тахометр; 13 – електродвигун; 14 – реостат.

Циліндр 2 закріплений на важелі 4 таким чином, що між циліндром і диском зазор становить 0,2...0,5 мм. Рух диска 6 передається через пасову передачу 11 від електродвигуна 13. Швидкість обертання електродвигуна змінюється за допомогою реостата 14 і визначається тахометром 12.

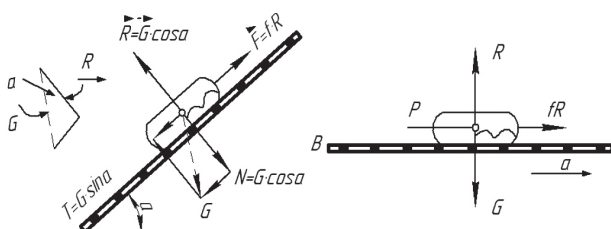
Основною умовою можливості просіювання продукту через плоске сито є ковзання його по ситі. Розглянуто умову абсолютного і відносного переміщення матеріальної частинки по нерухомому ситі.

Наведено умову граничної рівноваги частинки на ситі, нахиленому під кутом  $\alpha$  до горизонталі. На частинку діють три сили (рис. 2, а): сила тяжіння (вага) частинки  $G$ , нормальна реакція поверхні сита  $R$ , максимальне значення сили тертя  $F$ . Трикутник зазначених сил відповідно до умови рівноваги замкнутий. Звідси

$$F = Rtg\alpha = Rtg\varphi, \quad (1)$$

де  $\varphi$  – кут тертя.

Для руху частинки необхідно, щоб виконувалась нерівність  $\alpha > \varphi$ .



**Рис. 2.** Розрахункова схема–умова руху частинки по ситі:

- а – рівновага частинки на ситі, нахиленому під кутом  $\alpha$  до горизонталі;
- б – нерівномірний рух частинки по ситі.

Для визначення швидкості переміщення матеріальної частинки розроблено диференціальне рівняння прямолінійного руху її вздовж сита:

$$\frac{G}{g} = \frac{dv}{dt} = T - F = G \sin \alpha - f \cos \alpha, \quad (2)$$

звідси

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f \cos \alpha); \quad (3)$$

$$dv = g (\sin \alpha - f \cos \alpha) dt; \quad (4)$$

$$V = gt (\sin \alpha - f \cos \alpha) + C. \quad (5)$$

Постійна інтегрування дорівнює нулю за заданих умов:  $t=0, V_0=0$ , при  $V_0$  – початкова швидкість частинки.

У разі рівношвидкісного руху частинок зі збільшенням  $t$  росте  $V$ , яка може досягати великих значень. Відповідно, при  $V_0=0$ :

$$V = gt (\sin \alpha - f \cos \alpha) \quad (6)$$

Нерухомі похилі сита малоефективні. Тому їх майже не використовують, а задіюють рухомі плоскі сита, встановлені під кутом  $\alpha$ , значно меншим за кут  $\varphi$ . У зв'язку з цим частинки переміщуються під дією сил, зумовлених нерівномірним рухом самого сита. Під час нерівномірного руху сита (рис. 2, б) з прискоренням  $a$ , спрямованим праворуч, сила інерції  $P_i=ma$  спрямована ліворуч. Очевидно, при  $P_i > fG$  зчеплення частинки із ситом порушено, а при  $P_i < fG$  частинки не будуть переміщуватись по ситі.

Замінивши в останній нерівності  $P_i$  на рівне йому за абсолютним значенням  $ma$ , отримаємо:  $ma = fG$  чи  $a = fg$ .

Граничне прискорення, за яким сила інерції дорівнює силі тертя, називається критичним прискоренням і визначається за формулами:

$$a_{кр} = fg; \quad (7)$$

$$a_{кр} = \frac{kg}{r}, \quad (8)$$

де  $k$  – коефіцієнт тертя коливання, м;

$r$  – радіус частинки, см.

Хоча загальні закономірності опору конструктивних елементів переміщенню і просіюванню сипких матеріалів відомі, можна навести ряд невдалих та знайти високоефективні і прості рішення, які в цих випадках приведуть до зменшення опору потоків матеріалів та покращення умов процесу у робочій камері машини, отже, проблема просіювання сипких матеріалів існує постійно. Вона пов'язана з необхідними або вимушеними суттєвими конструктивними недоліками просіювачів борошна, що визначає актуальність та мету цієї статті.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження передбачали визначення процесу

просіювання сипких матеріалів і параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки, які істотно впливають на технологічну ефективність і питому продуктивність процесу просіювання.

Перш ніж привести будь-які дані, які мають практичний інтерес, відразу обмовимося, що визначальне значення в процесі просіювання сипких матеріалів крізь сито, якщо центр його ваги виявиться на одному горизонті із краєм отвору сита, причому на швидкість проходу чинить вплив швидкість ковзання, діаметр частинок і кут нахилу сита. Ні товщина сита, ні відстань між отворами на величину проходу не впливають.

Основна умова можливості просіювання продукту через плоске сито – це його ковзання. Граничне прискорення, за якого сила інерції дорівнює силі тертя, для кулеподібних частинок залежить від інтенсивності коливань, коефіцієнта тертя коливання, прискорення вільного падіння та радіусу частинки.

У процесі вібропросіювання, заснованого на вібропереміщенні, в найпростішому випадку двох фракцій у протилежних один одному напрямках, переміщення часток вниз по похилій поверхні здійснюється в тонкому дозволеному шарі продукту. Такий шар представлено як сукупність окремих, не зв'язаних одна з одною часток, взаємодії яких з вібруючою площиною апроксимуються законом сухого тертя.

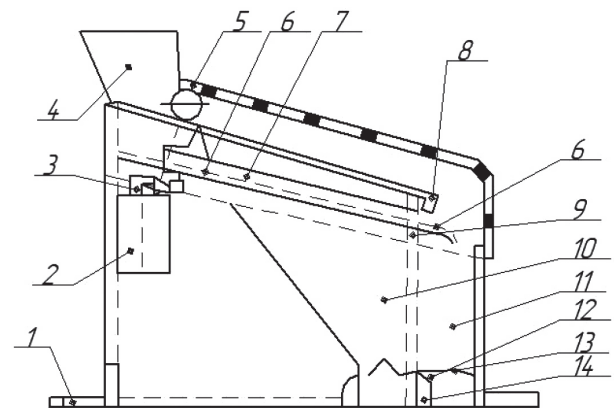
За результатами дослідів було розроблено нову спрощену конструкцію вібраційного просіювача (рис. 3) із застосуванням кривошипно-шатунного механізму для зменшення витрат електроенергії [2, с. 54–57; 3, с. 18–19]. У цьому просіювачі, що складається з каркаса, завантажувального бункера, дерев'яної ситової рамки із ситом, закритої зверху кришкою з оргскла, до середини торцевого боку дерев'яної рамки прикріплюється кривошипно-шатунний механізм, що приводиться в рух від електродвигуна, встановленого на каркасі. Дерев'яна рамка із ситом може встановлюватися не тільки горизонтально, а й під певним кутом за допомогою регулювальних гвинтів. Рамка підвішується з торцевих боків до кронштейна за допомогою дерев'яних пружинних опор, що значно зменшує опір потоку матеріалу і дає можливість ефективніше використовувати енергію привода та поліпшувати процес просіювання.

Завдяки такій конструкції буде більш раціонально використовуватися енергія привода, а також за умови нахиленого розташування сита

більш ефективно проходитиме просування нижнього шару борошна, що поліпшуватиме процес просіювання.

Такі вдосконалення дають можливість підвищити ефективність просіювання сипких матеріалів.

У разі розгляду процесу вібропросіювання, заснованого на вібропереміщенні в найпростішому випадку двох фракцій у протилежних один одному напрямках, переміщення часток вниз по похилій поверхні здійснюється в тонкому дозволеному шарі продукту. Такий шар можна представити як сукупність окремих, не зв'язаних одна з одною часток, взаємодії яких з вібруючою площиною апроксимуються законом сухого тертя Амонтона. Теорія вібраційного переміщення для таких часток достатньою мірою розроблена.



**Рис. 3. Вібраційний просіювач:**  
 1 – каркас; 2 – електродвигун; 3 – кривошипно-шатунний механізм; 4 – завантажувальний бункер; 5 – кришка; 6, 9 – пружинні опори; 7 – пробивне сито; 8 – ситова рамка; 10, 11 – збірник борошна з розвантажувальним патрубком; 12 – патрубок; 13 – магнітний вловлювач; 14 – відкидний лоток.

Вібропереміщення ж високодисперсних часток, з'єднаних між собою адгезійними зв'язками, нагору по похилій поверхні здійснюється в полішарі. Товщина полішару залежить від інтенсивності вібрацій і кута нахилу вібруючої поверхні щодо горизонту.

Графічні залежності початкового базового кута ковзання  $\varphi_3$  від кута нахилу  $\alpha$ , вертикально коливної плоскої поверхні деки для пшеничного борошна вищого сорту, картопляного крохмалю першого сорту і цукрової пудри, що зображені на рис. 4, описуються параболічними функціями.

Значення початкового фазового кута ковзання високодисперсних сипучих харчових продуктів:

а) для пшеничного борошна вищого гатунку:

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)^2 - 8,4 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,52, \text{ нпу}W = 6; (9)$$

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 1,24 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,47, \text{ при } W = 7. (10)$$

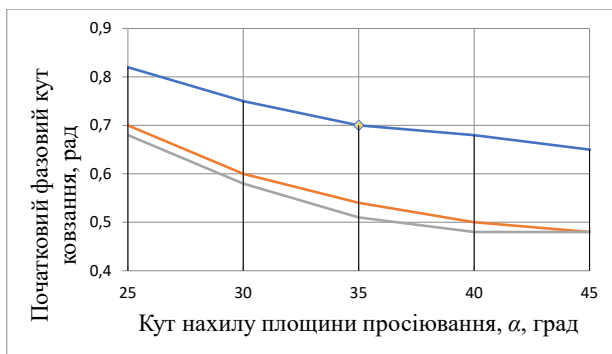
б) для цукрової пудри:

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 1,16 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,54, \text{ при } W = 7. (11)$$

в) для картопляного крохмалю першого гатунку:

$$\varphi_3 = 2,86 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 9,6 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,71, \text{ при } W = 7. (12)$$

Аналіз цих залежностей (рис. 4) показує, що початковий фазовий кут ковзання  $\varphi_3$  зі збільшенням кута нахилу площини просіювання деки щодо горизонту зменшується винятково для всіх досліджуваних високодисперсних сипучих харчових продуктів. При цьому для картопляного крохмалю першого гатунку початковий фазовий кут ковзання  $\varphi_3$  має максимальне, а для пшеничного борошна вищого гатунку – мінімальне значення за будь-якого кута нахилу поверхні просіювання у діапазоні  $\alpha=25^\circ-45^\circ$ . Причому для пшеничного борошна вищого гатунку збільшення параметра вібрації  $W$  від 6 до 7 знижує величину фазового кута  $\varphi_3$  в діапазоні  $25^\circ-45^\circ$ .



**Рис. 4.** Початковий фазовий кут ковзання високодисперсних часток сипучих харчових продуктів залежно від кута нахилу площини просіювання: 1 – картопляний крохмаль; 2 – цукрова пудра; 3 – пшеничне борошно.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Спостереження засвідчили, що ефективність процесу просіювання оцінюється відношенням продуктивності до енергозатрат у відповідних засобах. І продуктивність, і енергозатрати значною мірою залежать від опору, який чинить потокові матеріалу конструкція робочої камери або транспортувальні системи.

Крім того, відносний рух з підкиданням виявився ефективнішим за безвідливний. Ефективність просіювання істотно залежить від способу очистки сит від частинок, що застрягли в отворах.

Виходячи з одержаних результатів можна стверджувати, що конструкція вібраційного про-

сіювача дозволяє значно зменшити опір потоку матеріалу, більш раціонально використовувати енергію привода та підвищити ефективність просіювання сипких матеріалів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Криворотько В.М., Соколенко А.І., Семенов О.М. Замкнені контури енергокористування в харчових технологіях. *Харчова промисловість*. 2013. № 14. С. 163–166.
2. Палилюлько Н.И., Подлесный В.В., Ткач О.В., Сосновский С.И. Обоснование влияния факторов на срок хранения зерна. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. № 5. С. 54–57.
3. Підлісний В.В., Варфоломєєв А.І., Соколенко А.І. Фізико-хімічні явища в масообміні при зволоженні зерна. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 1. С. 18–19.
4. Підлісний В.В. Визначення теплотехнічних параметрів кондиціонування повітря. *Зберігання та переробка зерна*. 2012. № 9. С. 45–47.
5. Федорів В.М., Стадник І.Я., Бабко Є.М., Миколів І.М., Ковальов О.В. Ефективність процесу просіювання сипких матеріалів. *Хранение и переработка зерна*. 2015. № 11–12. С. 51–54.
6. Ковальов О.В., Федорів В.М. Просіювання сипких матеріалів. *Харчова і переробна промисловість*. 2004. № 5. С. 24–25.
7. Федорів В.М. Дослідження процесу просіювання сипких матеріалів з метою удосконалення конструкцій просіювачів і збільшення ефективності їх роботи : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Київ, 2005. 19 с.
8. Федорів В.М., Бурлака О.М., Ковальов О.В., Бабко Є.М., Осауленко Ю.В. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів. *Хлебопекарское и кондитерское дело*. 2006. № 6. С. 24–25.
9. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. Обладнання для просіювання сипких матеріалів. *Харчова промисловість. Міжвідомчий тематичний науковий збірник УДУХТ*. 2000. № 45. С. 234–236.

#### REFERENCES:

1. Kryvorot'ko, V.M., Sokolenko, A.I., & Semenov, O.M. (2013), Zamkneni kontury enerhokorystuvannya v kharchovykh tekhnolohiyakh [Closed circuits of energy use in food technology]. *Kharchova promyslovisht', 14*, 163–166 [in Ukrainian].
2. Palylyul'ko, N.Y., Podlesnyy, V.V., Tkach, O.V., & Sosnovskyy, S.Y. (2015), Obosnovanye vlyuyannya faktorov na srok khraneniyya zerna [Substantiation of the influence of factors on the shelf life of grain]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 5*, 54–57 [in Ukrainian].

3. Pidlisnyy, V.V., Varfolomyeyev, A.I., & Sokolenko, A.I. (2008), Fizyko-khimichni yavlyshcha v masoobminu pry zvolozhenni zerna [Physics-chemical phenomena in mass transfer during grain moistening]. *Kharchova i pererobna promyslovisht'*, 1, 18–19 [in Ukrainian].
4. Pidlisnyy, V.V. (2012), Vyznachennya teplotekhnichnykh parametriv kondytsionuvannya povitrya [Determination of thermal parameters of air conditioning]. *Zberihannya ta pererobka zerna*, 9, 45–47 [in Ukrainian].
5. Fedoriv, V.M., Stadnyk, I.Y., Babko, E.M., Mykolov, I.M., & Koval'ov, O.V. (2015), Efektyvnist' protsesu prosiyuvannya sypkykh materialiv [The efficiency of the process of sifting bulk materials]. *Khraneniye i pererobka zerna*, 11–12, 51–54 [in Ukrainian].
6. Koval'ov, O.V., & Fedoriv, V.M. (2004), Prosiyuvannya sypkykh materialiv [Screening of bulk materials]. *Kharchova i pererobna promyslovisht'*, 5, 24–25 [in Ukrainian].
7. Fedoriv, V.M. (2005), Doslidzhennya protsesu prosiyuvannya sypkykh materialiv z metoyu udoskonalennya konstruktsiy prosiyuvachiv i zbil'shennya efektyvnosti yikh roboty [Research of process of sifting of loose materials for the purpose of perfection of designs of sifters and increase of efficiency of their work]. Author's ref. dis. ... Cand. Tech. Science: 05.18.12, 19 [in Ukrainian].
8. Fedoriv, V.M., Burlaka, O.M., Koval'ov, O.V., Babko, E.M., & Osaulenko, Y.V. (2006), Shlyakhy udoskonalennya obladnannya dlya prosiyuvannya sypkykh materialiv [Ways to improve equipment for sifting bulk materials]. *Khlebopekarskoe y kondyterskoe delo*, 6, 24–25 [in Ukrainian].
9. Fedoriv, V.M., Koval'ov, O.V., & Lisovenko, O.T. (2000), Obladnannya dlya prosiyuvannya sypkykh materialiv [Equipment for screening of bulk materials]. *Kharchova promyslovisht'*. *Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk UDUKHT*, 45, 234–236 [in Ukrainian].

*Стаття надійшла до редакції 28.12.2021*

УДК 664.64.022.39

**Ярошенко Н. Ю.,**

*ynatalya@email.ua, ORCID ID: 0000-0003-4582-6490,*

*старший викладач кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу,  
Херсонський державний університет, м. Херсон*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛАВОНОЇДНИХ СПЛУК У ФІТОПОРОШКУ ІЗ ГІРЧАКА ЗМІЙНОГО ТА МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБАХ**

**Анотація.** Досліджено технологічні параметри, що впливають на процес водної екстракції флавоноїдів у фітопорошку із коріння гірчака змійного, та показано, що єдиним значущим фактором, що впливає на нього, є співвідношення сировини та розчинника, що своєю чергою дозволило запропонувати експрес-метод визначення водорозчинних флавоноїдів. Закономірності, виявлені під час розробки аналітичної методики визначення водорозчинних флавоноїдів у фітопорошку із гірчака змійного, дозволили розробити новий спосіб одержання флавоноїдів (технічного рутину) на основі водної екстракції.

Розроблено методику кількісного визначення суми флавоноїдів у фітопорошку із коріння гірчака змійного у перерахунку на рутин. Вивчено та підібрано оптимальні умови вилучення суми флавоноїдів із гірчака змійного. Помилка одиничного визначення не перевищує 4,25%. Підібрано умови проведення екстрагування. Отримано густий екстракт фітопорошку із коріння гірчака змійного. Досліджено якісний склад густого екстракту методами тонкошарової хроматографії, вискоефективної рідинної хроматографії. Проведено кількісний аналіз визначення флавоноїдів густого екстракту фітопорошку із коріння гірчака змійного спектрофотометричним методом. Підібрано оптимальні умови поділу та екстракції флавоноїдів. Отримані результати свідчать, що 75% концентрація етилового спирту є у вивченому діапазоні оптимальною. Основна маса флавоноїдів при цьому витягується розчинником уже в перші хвилини екстракції і надалі йде вилучення невеликих залишкових кількостей.

Встановлено, що сума флавоноїдів у перерахунку на рутин у досліджуваному зразку густого екстракту становить  $6,28 \pm 0,099$ .

Доведено, що фітопорошок із коріння гірчака змійного може використовуватися як природне джерело для отримання біологічно активних добавок у технологіях борошняних кондитерських виробів.

**Ключові слова:** гірчак змійний, флавоноїди, екстрагування, рутин, хроматографія.

**Yaroshenko N. Y.,**

*ynatalya@email.ua, ORCID ID: 0000-0003-4582-6490,*

*Senior Lecturer of the Department of Hotel and Restaurant and Tourism Business,  
Kherson State University, Kherson*

## **STUDY OF FLAVONOID COMPOUNDS IN PHYTOPOWDER FROM SNAKE BITTER AND THE POSSIBILITY OF ITS USE IN FLOUR CONFECTIONERY**

**Abstract.** The technological parameters influencing the process of aqueous extraction of flavonoids in phytopowder from the root of snake bitter were studied, and it was shown that the only significant factor influencing it is the ratio of raw materials and solvent, which in turn suggested an express method for determining water-soluble flavonoids. The regularities revealed during the development of the analytical method for the determination of water-soluble flavonoids in phytopowder from snake bitter, allowed to develop a new method of obtaining flavonoids (technical routine) based on aqueous extraction.

A method for quantifying the amount of flavonoids in phytopowder from the root of snake bitter in terms of rutin has been developed. The optimal conditions for extracting the amount of flavonoids from variable snake bitter have been studied and selected. The error of a single definition does not exceed 4,25%. The conditions of extraction are selected. A thick extract of phytopowder from the roots of snake bitter gourd was obtained. Quantitative analysis of flavonoids of dense extract of phytopowder from the roots of bitter snake by spectrophotometric method was carried out. The obtained results show that 75% concentration of ethyl

*alcohol is optimal in the studied range. The bulk of flavonoids is removed by the solvent in the first minutes of extraction and then the removal of small residues.*

*It was found that the amount of flavonoids in terms of rutin in the test sample of the thick extract is  $6,28 \pm 0,099$ .*

*It is proved that phytopowder from the root of snake bitter can be used as a natural source for obtaining biologically active additives in flour confectionery technologies.*

**Key words:** bitter gourd, flavonoids, extraction, rutin, chromatography.

**JEL Classification:** L 66.

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-11>

**Постановка проблеми.** Серед найважливіших завдань країни має бути збереження здоров'я та працездатності населення, збільшення тривалості та поліпшення якості життя своїх громадян. Саме тому розширення асортименту корисних для здоров'я продуктів є пріоритетним напрямом у харчовій промисловості України. Актуальність такої стратегії в галузі харчування зумовлена об'єктивними причинами: погіршенням екологічних умов життя, зміною якості споживаної їжі, що призводить до сталого дефіциту нутрієнтів, які надходять з нею [1].

Використання нових видів сировини для цілеспрямованої корекції складу борошняних кондитерських виробів потребує розробки технологічних рішень, що забезпечують отримання високоякісної і конкурентоспроможної продукції. У зв'язку з цим розробка ефективних технологій борошняних кондитерських виробів з пряничного тіста з використанням фітопорошків є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останніми роками все більше уваги приділяється пошуку нових лікарських рослин та розробці препаратів із рослинної сировини, що використовується у харчових продуктах. Одним із перспективних напрямів є дослідження антиоксидантної активності лікарської рослинної сировини, яка зумовлена наявністю у ній флавоноїдів, катехинів, поліфенольних сполук та інших груп біологічно активних речовин.

Найбільш перспективними є антиоксидантні нетрадиційні рослинні компоненти. Найвищу антиоксидантну дію має рослинна сировина з високим вмістом фенольних та поліфенольних сполук, а також вітамінних засобів флавоноїдної будови, каротиноїдів (провітамін А), мікроелементів – селену й цинку, вітамінів А (ретинол), Е ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  токофероли), С (аскорбінова кислота, її солі та ефіри) та Р (рутин, аскорутин, урутин, кверцетин). Це насамперед стосується таких біологічно активних сполук, як різноманітні групи флавоноїдів, які містяться в коріннях гірчака зміїного [2; 3]

Збирають і заготовляють гірчак зміїний у західних областях України. Цілющі властивості коріння гірчака зумовлені його хімічним складом. Коріння гірчака зміїного містять сапоніни, флавонони, полівітаміни, макро- і мікроелементи, протеїни та амінокислоти, антиоксиданти, харчові волокна. Він дозволяє нормалізувати обмін речовин, поліпшити процеси травлення, посилити імунітет організму. У гірчаку міститься близько 35% дубильних речовин, галова кислота – 0,44%, яка являє собою органічне з'єднання ароматичного ряду, еллагова та аскорбінова кислоти, білки, пігменти, катехіни, глюкоза, велика кількість крохмалю, сіль кальцію і щавлевої кислоти (оксалат кальцію), зола, мікро- (калій, кальцій, марганець, залізо) і макроелементи (магній, мідь, хром, алюміній, барій, йод та ін.). Коріння у змозі концентрувати барій, селен і стронцій [4].

Катехіни, які містяться в коріннях гірчака зміїного, також називаються катехіновими поліфенолами. Вони належать до групи флавоноїдів, які є вторинними метаболітами рослин. Ці речовини необхідні для підтримки здоров'я людини [5].

Введення фітопорошків у борошняні кондитерські вироби зміцнює структурно-механічні властивості тіста, збагачує вироби біологічно активними речовинами, сприяє розширенню асортименту продукції. Такі вироби із додаванням фітопорошків мають розвинуту пористість та об'єм [6].

Досліджено та доведено, що фітопорошок з гірчака зміїного може використовуватися як біологічна активна добавка у технологіях борошняних кондитерських виробів [7; 8].

**Постановка завдання.** Мета цього дослідження – вивчення якісного та кількісного складу флавоноїдних сполук у гірчаку зміїному.

Об'єктом досліджень вибраний фітопорошок із гірчака зміїного, що має біологічно активні властивості, які дозволяють забезпечити отримання виробів підвищеної поживної харчової цінності для спеціального харчування і густий екстракт, отриманий зі змеленого коріння гірчака зміїного.

Для отримання густого екстракту гірчака зміїного застосували класичний метод екстрагування – настоювання.

Для якісного аналізу використовували метод хроматографії в тонкому шарі сорбенту на пластинках у системах розчинників: н-бутанол – крижана оцтова кислота – вода (4: 2 : 2), етилацетат – мурашина кислота – вода (80: 20 : 20). Для хроматографування брали 0,5% розчин густого екстракту в розчині 75% етилового спирту. Дослідження виконували на високоефективному рідинному хроматографі фірми GILSON, модель 305 [9; 10].

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Підібрано умови проведення екстрагування (вид екстрагента, його концентрація, співвідношення сировини: екстрагент, ступінь подрібнення сировини, час екстракції) (табл. 1). При цьому основним критерієм вибору був вміст суми флавоноїдів у екстракті в перерахунку на рутин.

Спиртові вилучення гірчака зміїного об'єднували, поміщали в прохолодне місце (холодильна камера за температури 8–12°C) на 10 год. У результаті отримали прозоре вилучення темно-червоного кольору з характерним запахом етилового спирту та ароматичним запахом гірчака зміїного. Цю витяжку згущали методом відгону спирту етилового на роторному випарнику до стану густого екстракту з вологістю трохи більше 12%.

Екстракт гірчака зміїного є густою в'язкою масою темно-червоного кольору зі специфічним своєрідним запахом.

На стартову лінію хроматографічних пластинок розміром 12×8 см наносили по 25 мкл досліджуваного розчину і по 15 мкл 1% розчину у 75% етилового спирті достовірних зразків флавоноїдних сполук, пластинки з нанесеними про-

бами висушували на повітрі протягом 7 хв. Після проходження фронтів елюентів 10 см пластинки витягували і висушували. Далі пластинки розглядали в УФ світлі за довжини хвилі 265 нм. Внаслідок цього ідентифікували гіперозид та рутин.

Близько 0,5 гірчака зміїного поміщали в мірну колбу місткістю 20 мл, додавали 15 мл 75% спирту етилового, колбу поміщали в ультразвукову баню, вміст перемішували за температури 45°C протягом 10 хв.

Далі готували серію 0,02% розчинів стандартних зразків фенольних сполук у 75% етилового спирті.

Як стандартні розчини застосовували 0,02% розчини флавоноїдних сполук в етилового спирті. Ідентифікацію розділених речовин проводили методом внутрішнього нормування піків у порівнянні площ піку та часів утримування зі стандартними розчинами.

У густому екстракті гірчака зміїного ідентифікували 5 флавоноїдних сполук (табл. 2).

Кількісне визначення флавоноїдів у густому екстракті проводили спектрофотометричним методом. Основою методу аналізу нами вибрано реакцію взаємодії флавоноїдів з хлоридом алюмінію серед 75% етилового спирту.

Дослідження компонентного складу екстракту показало, що переважаючими флавоноїдними сполуками в ньому є рутин, гіперозид, кверцетин, як стандартний зразок застосували рутин-стандарт.

Нами досліджено спектри поглинання густого екстракту з хлоридом алюмінію та робочого стандартного зразка рутину з хлоридом алюмінію за ТУ 64-4-127-96 НВО ВІЛАР. Ці спектри збігалися, а максимум поглинання знаходився за довжини хвилі 415 нм. Вимірювання про-

Таблиця 1

**Отримання екстракту з гірчака зміїного**

Кратність екстрагування	Ступінь подрібнення	Вид екстрагента	Концентрація екстрагента	Співвідношення сировина – екстрагент	Час екстракції
5	1,2 мм	Водний розчин гірчака зміїного	80 %	1:10	10 год.

Таблиця 2

**Компонентний склад флавоноїдів гірчака зміїного**

Найменування флавоноїдів	Час утримування, хв.	Кількісне співвідношення, %
Рутин	27,68	6,42
Кверцетин	61,84	0,07
Апігенін	72,24	0,2
Гіперозид	32,36	11,16
Кверцимеритрин	21,78	8,62

Метрологічна характеристика методики визначення суми флавоноїдів у густому екстракті фітопорошку із гірчака зміїного

n	f	$x_{cp}$	$S^2$	S	P, %	t (P, f)	$x_{cp} \pm \Delta x$	E, %
10	9	6,28	0,00974	0,2648	0,95	4,42	6,28±0,099	5,05

дили в ділянці максимуму поглинання. Як розчин порівняння використовували вихідний розчин вилучення без хлориду алюмінію, тобто застосовували диференціальний варіант спектрофотометрії, що дає змогу виключити вплив на результати аналізу супутніх речовин. У разі проведення аналізу проби підкисляли оцтовою кислотою з метою покращення відтворюваності результатів.

Були вивчені оптимальні умови фотометричної реакції, кількість спиртового розчину густого екстракту гірчака зміїного, концентрація та обсяг алюмінію хлориду. Максимальна оптична щільність досягається у разі використання 5 мл розчину густого гірчака зміїного в 75% етиловому спирті з 3 мл 2% розчину хлориду алюмінію в 75% етиловому спирті.

Стойке фарбування спиртового розчину густого екстракту з хлоридом алюмінію настає через 40 хв. і зберігається протягом 2 годин, що достатньо для проведення аналізу.

На підставі проведених досліджень розроблено методику кількісного визначення суми флавоноїдів у густому екстракті гірчака зміїного.

Для порівняння використовували розчин, що містить 3 мл розчину густого екстракту гірчака зміїного, 0,2 мл 30%-ного розчину оцтової кислоти і 75%-ного етилового спирту до 20 мл.

Результати дослідження опрацьовані статистично згідно з ГФ-ХІ. Помилка одиничного визначення із 95% ймовірністю не перевищує 4,25%. Вміст суми флавоноїдів у густому екстракті гірчака зміїного становить 6,28% (табл. 3).

**Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі.** Вивчено якісний склад густого екстракту фітопорошку із коріння гірчака зміїного методом тонкошарової хроматографії.

Підібрано оптимальні умови та розроблено методику кількісного визначення суми флавоноїдів у густому екстракті гірчака зміїного спектрофотометричним методом.

У ході проведених досліджень флавоноїдних сполук у фітопорошку із гірчака зміїного встановлено, що в ньому виявлено п'ять флавоноїдних сполук, переважають: гіперозид – 11,16%, кверцимеритрин – 8,62%, рутин – 6,42%. Загальна сума флавоноїдів у фітопорошку становить 6,28%.

На підставі отриманих результатів дослідження встановлена та доведена можливість і доцільність використання фітопорошку із гірчака зміїного у технологіях борошняних кондитерських виробів, що дозволить підвищити більш повне використання харчового потенціалу сировини, сприятиме підвищенню харчової і біологічної цінності та розширенню асортименту борошняних кондитерських виробів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Мазаракі А.А., Кравченко М.Ф. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ : КНТЕУ, 2012. 1116 с.
2. Кравченко М.Ф. Технологія продуктів з харчовими добавками рослинного походження для оздоровчого харчування : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.18.16. Київ, 2006. 34 с.
3. Державна фармакопея України. 1-е вид. Доповнення 2. Харків. 2008. 620 с.
4. Ярошенко Н.Ю. Використання фітопорошку з коріння гірчака зміїного у технологіях пряничних виробів. *Збірник наукових праць. Технічні науки.* Одеса : ОНАХТ, 2014. Вип. 46. Т. 1. С. 170–174.
5. Ярошенко Н.Ю. Підвищення харчової цінності пряників за рахунок внесення фітопорошків. *Журнал «Харчова промисловість».* 2016. Вип. 19. С. 10–14.
6. Ярошенко Н.Ю. Дослідження технологічних властивостей фітопорошків. *Збірник наукових праць* Київ : НУХТ, 2016. Вип. IV, Т. 22. С. 192–198.
7. Kravchenko M., Yaroshenko N. Study into effect of plant supplements on the quality indicators of gingerbread and similar spice-cakes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. No. 5/11 (89). P. 45–54.
8. Спосіб приготування пряника із фітопорошком із коріння гірчака зміїного : пат. 110626 Україна. Ярошенко Н.Ю. № u 2016 04045 ; заяв. 14.04.2016 ; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.
9. Гризодуб О.І., Євтіфєєва О.А., Проскуріна К.І. Особливості фармакопейних підходів щодо кількісного визначення лікарської рослинної сировини та сумарних фітопрепаратів. Харків : Фармаком, 2012. № 3. С. 7–31.
10. Hassing A., Liang X., Schwabl R., Stampfl K. Flavonoids and tannins: Plant-based antioxidants with vitamin character. *Med. Hypotheses.* 2001. 52, № 5. P. 479–481.



**REFERENCES:**

1. Mazaraki, A., Kravchenko, M. (2012), Functional food technology. Kyiv: KNTEU, 1116 s.
2. Kravchenko, M. (2006), Technology of products with food additives of plant origin for health nutrition: author's ref. dis. ... Dr. tech. Science: 05.18.16. Kyiv. S. 34.
3. State Pharmacopoeia of Ukraine. 1st ed. 2 ext. Kharkiv. 2008. S. 620.
4. Yaroshenko, N.Y. (2014), The use of phytopowder from the roots of mountain snake in the technology of gingerbread products. *Coll. Science work. Technical sciences*. Odessa: ONAHT, 2014. Issue 46. Vol. 1. S. 170–174.
5. Yaroshenko, N.Y. (2016), Increasing the nutritional value of gingerbread through the introduction of phytopowders. Magazine "Food Industry". Vol. 19. S. 10–14.
6. Yaroshenko, N.Y. (2016), Research of technological properties of phytopowders. *Coll. Science work*. Kyiv: NUHT. Issue IV. Vol. 22. S. 192–198.
7. Kravchenko, M., Yaroshenko, N. (2017), Study into effect of plant supplements on the quality indicators of gingerbread and similar spice-cakes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/11 (89). P. 45–54.
8. Sposib of preparing gingerbread with phytopowder from the root of snake bitter: pat. 110626 Ukraine. Yaroshenko N.Y. № u 2016 04045; zaiav. 14.04.2016; opubl. 10.25.2016, Biul. № 20.
9. Grizodub, O.I, Evtifeeva, O.A, Proskurina, K.I. (2012), Features of pharmacopoeial approaches to quantitative determination of medicinal plant raw materials and total phytopreparations. Kharkiv: Pharmacom, № 3. S. 7–31.
10. Hassing, A., Liang, X., Schwabl, R., Stampfl, K. (2001), Flavonoids and tannins: Plant-based antioxidants with vitamin character. *Med. Hypotheses*. 52, № 5. P. 479–481.

*Стаття надійшла до редакції 11.01.2022*

## ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.6:075.8

Лозова Т. М.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,

Researcher ID: E-9830-2019,

д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

### НАУКОВІ РОЗРОБКИ З ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ БОРОШНА

**Анотація.** У статті наведено результати наукових досліджень щодо можливостей поліпшення якості різних харчових продуктів, які виготовляються на основі борошна. Розглянуто можливість вдосконалення якості продукції застосуванням методу комбінування різних видів борошна як основної сировини. Окрім цього, науковцями пропонується використання нетрадиційних натуральних інгредієнтів, зокрема рослинного походження. Наведено результати досліджень вчених різних країн, які займаються проблемою пошуку способів поліпшення показників якості харчових продуктів на основі борошна. Такі продукти включають хліб, макаронні вироби, печиво та інші види. У цій статті наведено огляд поточних сучасних знань про роль ключових компонентів, зокрема білків пшениці, клітковини та ін. Зазначено кілька нових спрямувань у розробці продукції з високою якістю. Зокрема, результати показують, що зв'язування води висівками найбільше впливає на якість хліба. Доведено, що нагрівання борошна з м'якої пшениці за 80°C впродовж 15 хвилин покращує її хлібопекарські характеристики. Експериментальні роботи щодо оцінювання впливу добавки інуліну на реологічні властивості тіста з м'якої пшениці та якість хліба підтвердили збільшення об'єму хліба та поліпшення його якості. Науковцями представлена нова ідея приготування замороженого тіста та парового хліба, за допомогою якого в пшеничне борошно (WF) додають добавку BRF. Науковцями показана можливість застосування різних інгредієнтів у процесі випікання хліба, що здатні забезпечити розвиток безперервної білкової мережі, необхідної для високої якості хліба. Особливий інтерес спрямований на включення біоактивних інгредієнтів, таких як харчові волокна (DF) і фенольні антиоксиданти. Аналіз MOLS показав, що реологія тіста і характеристики печива переважно залежать від складу борошна (в основному від вмісту крохмалю), а не від умов зберігання. Експериментально встановлено зниження акриламідів в безглютеновому печиві з кіноа, збагаченого мікробним декстрином. Досліджені ізолят соєвого білка (SPI), гідролізат соєвого білка (SPH) та текстурований соєвий білок (TSP) для збагачення поживними речовинами і поліпшення реологічних властивостей тіста та якості лошкини.

**Ключові слова:** борошно, харчові продукти, нетрадиційні натуральні інгредієнти, якість.

Lozova T. M.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,

Researcher ID E-9830-2019,

Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science, Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

### SCIENTIFIC DEVELOPMENTS ON IMPROVING THE QUALITY OF FLOUR-BASED FOODSTUFFS

**Abstract.** The article presents the results of scientific researches on the possibilities of improving the quality of various food products made from flour. The possibility of improving product quality by using the method of combining different types of flour as the main raw material is considered. In addition, scientists suggest the use

*of non-traditional natural ingredients, in particular of vegetable origin. The results of researches by scientists from different countries who are looking for ways to improve the quality of flour-based foods are presented. Such products include bread, pasta, cookies and other types. This article provides an overview of current knowledge about the role of key components, including wheat proteins, cellular tissue, and others. Several new directions in the development of high quality products are indicated. In particular, the results show that the binding of water by bran has the greatest impact on the quality of bread. It has been proven that heating soft wheat flour at 80°C for 15 minutes improves its baking characteristics. Experimental studies to evaluate the effect of inulin supplement on the rheological properties of soft wheat dough and the quality of bread has confirmed an increase in the volume of bread and an improvement in its quality. Scientists have presented a new idea of making frozen dough and steamed bread, with which BRF supplement is added to wheat flour (WF). Scientists have shown the possibility of using different ingredients in the process of baking bread, which are able to ensure the development of a continuous protein network necessary for high quality bread. Of particular interest is the inclusion of bioactive ingredients such as dietary fibers (DF) and phenolic antioxidants. MOLS analysis showed that the rheology of the dough and the characteristics of the cookies mainly depend on the composition of the flour (mainly on the starch content) and not on the storage conditions. The reduction of acrylamide in gluten-free cookies with quinoa enriched with microbial dextrin has been experimentally determined. Soy protein isolate (SPI), soy protein hydrolyzate (SPH) and textured soy protein (TSP) for nutrient enrichment and improving the rheological properties of the dough and the quality of noodles were studied.*

**Key words:** flour, food products, non-traditional natural ingredients, quality.

**JEL Classification:** L81

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-12>

**Постановка проблеми.** Якість харчових продуктів є вузловою проблемою для споживачів і тісно пов'язана з сучасним станом науково-технічного забезпечення в агропромисловому комплексі, харчовій промисловості, торгівлі, загалом в економіці. Вагоме місце серед усіх харчових продуктів посідають продукти, які виробляються на основі борошна. Тому науковцями здійснюються новітні фундаментальні дослідження стосовно поліпшення якості харчових продуктів на основі борошна. Ці наукові напрями пов'язані з використанням сучасних інновацій у технології і нових режимів оброблення продовольчої сировини, застосування нових нетрадиційних інгредієнтів тощо. Технічне забезпечення якості харчових продуктів на основі борошна має ґрунтуватися на наукових дослідженнях вчених різних галузей та враховувати досягнення й наукові розробки фахівців різних країн.

З метою підвищення якості зернових продуктів проводяться численні дослідження щодо впливу стану зерна, можливостей використання його складових частин, формування якості борошна та його впливу на якість виробленої з нього продукції.

Хліб, булочки, макаронні та борошняні кондитерські вироби посідають особливе місце в раціоні людини, тому поліпшення їх якості перебуває постійно в полі зору науковців.

Отже, сучасні тенденції потребують від науковців пошуку і нових розробок щодо поліпшення

якості продуктів харчування шляхом застосування новітніх технологій та використання натуральних інгредієнтів із цінними властивостями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У ключовому спрямуванні вченими здійснюються дослідження, які орієнтовані на вдосконалення технології та пошук різних шляхів поліпшення якості багатьох груп харчових продуктів на основі борошна.

У виготовленні хліба вирішальним фактором є якість борошна. Поєднання борошна з сильною пшениці та недозрілого зерна дає можливість суттєво поліпшити якість випеченого хліба.

Для макаронної продукції найбільшої уваги потребує перероблення борошна з низькими технологічними властивостями за кількістю та якістю клейковини, а також із підвищеною здатністю до потемніння. Тривають роботи із вдосконалення технології макаронних виробів швидкого приготування. Важливим спрямуванням є розвиток і наукове обґрунтування асортименту макаронних виробів шляхом використання нетрадиційної сировини (амарант, зернобобові культури, в тому числі пророслі, морепродукти, йодовмісні добавки тощо) і композитних сумішей. Розробляється і впроваджується в практику спосіб коригування борошна для виготовлення макаронних виробів, у тому числі швидкого приготування, дослідження технологічних властивостей пшеничного борошна з метою прогнозування якості готових виробів [1].

Зокрема, дослідженнями вчених [2] вивчався ефект фізичної присутності та зв'язування води пшеничними висівками під час приготування хліба, а також можливі механізми, що лежать в основі цього ефекту. Введення в тісто звичайних висівок і висівок, збагачених навколоплідником (15% сухої речовини), призводило до меншого піднімання зразка дослідного тіста порівняно з контрольним зразком тіста. Об'єм хліба зменшився на 11% та 30% відповідно. Тісто з синтетичними висівками з низькою водозв'язувальною здатністю показало близьке до нормального розпушування та підйом під час нагрівання, що призвело до зменшення об'єму хліба всього на 5% порівняно з контролем. Зменшення розміру частинок звичайних та синтетичних висівок до середнього розміру 200 мкм не вплинуло на якість готового хліба. Результати показують, що зв'язування води висівками найбільше впливає на якість хліба, тоді як стеричні труднощі внаслідок фізичної присутності частинок висівок є менш визначальними.

Дослідженнями показано, що нагрівання борошна з м'якої пшениці за 80 °C протягом 15 хвилин покращує її хлібопекарський потенціал. У цьому дослідженні борошно було фракціоноване для визначення специфічного впливу нагрівання його складових (глютен, крохмаль, ліпіди, водорозчинні речовини). Хоча текстура клейковини стала менш в'язкою після нагрівання, вона значно збільшила стабільність замішування тіста та тривалість утворення ( $P < 0,01$ ). Нагріта водорозчинна фракція, що містить пентозани, частково знижувала стабільність ( $P = 0,06$ ) [3].

Здійснювались експериментальні роботи щодо оцінювання впливу добавки інуліну на реологічні властивості тіста з м'якої пшениці та якість хліба. Використовували три комерційні фруктанові продукти з різним середньочисловим ступенем полімеризації (DPn) (DPn = 10 для інуліну ST; DPn = 23 для інуліну HP і HP-гель). Використовували вміст інуліну від 2,5 до 7,5% на суху речовину (пшеничне борошно плюс інулін). Реологічні властивості тіста досліджували за допомогою фаринографа та динамічних реологічних вимірювань. При додаванні харчових волокон (DF) було зафіксовано значне збільшення часу перемішування і стабільності та зниження водопоглинання. Інулін ST більше впливав на водопоглинання, ніж продукти HP. Інулін із високим ступенем полімеризації (СП) визначає великі зміни лінійних в'язкопружних властивостей тіста. Модуль накопичення ( $G'$ ) поступово збільшувався, і тангенс

зменшувався з підвищенням рівня інуліну HP та HP-гелю, які сприяють загальній еластичності та міцності тіста. Підвищення твердості при вмісті ДФ запобігало розширенню пшеничного тіста на стадії ферментації. Істотних відмінностей між зразком HP та HP-гелем не спостерігалось. Збагачення інуліном СТ призводило до менших змін лінійних в'язкопружних властивостей тіста при водопоглинанні фаринографа, ніж інуліном HP. Об'єм хліба був значно зменшений, а твердість м'якушки підвищена за рахунок рівня HP інуліну в діапазоні 5-7,5%. При додаванні інуліну СТ у борошно, придатне для хлібопекарського виробництва, виявлено тенденцію збільшення об'єму хліба зі збільшенням вмісту ДФ.

Здійснюються також й інші дослідження, пов'язані з можливостями поліпшення якості харчових продуктів на основі борошна.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження найновіших результатів із проблеми поліпшення якості харчових продуктів на основі борошна.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Хліб та хлібобулочні вироби вважаються у всьому світі основними продуктами харчування. В цей час багато видів хлібобулочних виробів міцно увійшли до харчових звичок багатьох людей у різних країнах.

Науковцями представлена нова ідея приготування замороженого тіста та парового хліба, за допомогою якого в пшеничне борошно (WF) додають добавку BRF. Вивчено характеристику композиційного борошна (КС), замороженого тіста та запареного хліба. Кореляційний аналіз показав, що додавання BRF може зменшити пошкодження тіста, викликане заморожуванням, це може бути пов'язане з тим, що вода в такому тісті CF була більш стабільною. Вміст замерзаючої води у тісті WF збільшився на 23,48%, а в тісті CF – збільшився на 6,09-12,11% після зберігання в замороженому стані. Зі зменшенням розміру частинок твердість тіста з ВР зменшилася, а опір до розтягування і коефіцієнт газотримання збільшилися, питомий об'єм та м'якість м'якушки пропареного хліба з ВР збільшилися. Отже, компактний BRF більше підходить для використання у приготуванні парового хліба [4].

Системно вивчено вплив видалення некрохмальних компонентів на мікроструктуру поверхні, міграцію води та швидкість дифузії глюкози крохмалю гірського ячменю (HBS) з виявленням моделей, що впливають на засвоюваність виробу [5]. Результати скануючої елек-

тронної мікрофотографії, конфокальної лазерної скануючої мікроскопії, перехресної поляризації та розподілу частинок за розмірами показали, що в борошні гірського ячменю існує два діапазони розмірів частинок: великі (73,99-591,90 мкм) і дрібні (<73,9 мкм). Частковий  $\beta$ -глюкан та білки утворюють компактний і безперервний матрикс на поверхні гранул HBS; ліпіди можуть частково адсорбуватися на поверхні гранул HBS, тоді як інші ліпіди, білки та  $\beta$ -глюкан розсіяні навколо гранул HBS. Після видалення некрохмальних компонентів частка великих частинок зменшилася, а гранули крохмалю були оголені, особливо білки та  $\beta$ -глюкан. Результати ядерного магнітного резонансу засвідчили, що швидкість міграції води прискорилася після видалення  $\beta$ -глюкану, а частково вільна вода трансформувалася у слабозв'язану воду, тоді як при видаленні білків та ліпідів спостерігався протилежний ефект. Швидкість дифузії глюкози *in vitro* не змінювалася після видалення ліпідів, тоді як видалення  $\beta$ -глюкану значно прискорювало дифузію глюкози *in vitro*. Це дослідження показує: ефективною моделлю HBS, що інгібується некрохмальними компонентами, є компактний матрикс, утворений в основному білками і  $\beta$ -глюканом на поверхні гранул HBS. Крім того, швидкість дифузії глюкози через стінку тонкої кишки можна розглядати як один із засобів утворення крохмалю, що повільно перетравлюється.

При випіканні хліба використовують різні інгредієнти, щоб забезпечити розвиток безперервної білкової мережі, необхідної для належної якості хліба. Інтерес до включення біоактивних інгредієнтів, таких як харчові волокна (DF) та фенольні антиоксиданти, в популярні продукти харчування, зокрема у хліб, швидко зростає завдяки підвищенню поінформованості споживачів про здоров'я. Додані біологічно активні інгредієнти можуть сприяти або не сприяти утворенню поперечних зв'язків білків. Відповідні перехресні зв'язки між білками пшениці, полісахаридами клітковини та фенольними антиоксидантами можуть бути найважливішим фактором для хлібного тіста, збагаченого DF та фенольними антиоксидантами. Такі поперечні зв'язки можуть впливати на структуру і властивості хлібної системи під час випічки [6].

Ґрунтовні дослідження здійснюються також із поліпшення якості печива [7]. Одним із прикладів може бути традиційне тосканське печиво під назвою *biscotto di Prato*. Незважаючи на те, що було досягнуто великих успіхів у покращенні

подрібнення, замішування та випікання, враховуючи відсутність суттєвих досліджень, необхідно зробити подальші кроки для розуміння впливу тривалості та умов зберігання у навколишньому середовищі, що мотивує дослідження. Досліджено вплив тривалості зберігання з використанням однофакторного дисперсійного аналізу та умов зберігання (температура і вологість навколишнього середовища) з використанням аналізу MOLS на склад борошна, реологію тіста та характеристики печива. Були протестовані сім рівнів тривалості зберігання: T0 (контроль), T1, T2, T3, T4, T5 та T6.

Результати показали, що тривалість зберігання борошна значно збільшила міцність тіста (P) та коефіцієнт конфігурації кривої (P/L) та зменшила об'єм печива (найкраще за T0). Однак 2-3 тижні зберігання виявили значне збільшення енергії деформації (Wt), важливого параметра альвеограми, що тісно пов'язаний із технологічним успіхом дріжджових продуктів. Цей оптимум, знайдений для W, можна розглядати як великий крок вперед у розумінні впливу часу зберігання, підтверджуючи, що борошно пшениці може досягти своїх оптимальних характеристик після двох-трьох тижнів зберігання, зокрема для W. Більше того, ця інформація може бути корисна не тільки для виробництва печива, але і для хліба та хлібобулочних виробів (і, таким чином, для всієї хлібопекарської промисловості). Аналіз MOLS показав, що реологія тіста і характеристики печива переважно залежать від складу борошна (в основному від вмісту крохмалю), а не від умов зберігання.

Мікробний декстран (МД) як природний бактеріальний гідроколоїд використовували для інгібування акриламідів (AA) в безглютенному печиві з кіноа. Європейська рада схвалила використання МД як безпечну функціональну добавку в хлібобулочних виробках. АК довільно утворювався під час випікання бісквітного тіста, що складається зі 100% кіноа, кількість якого склала ( $2142 \pm 3$ ) мкг/кг сухого печива. Ця кількість АК у печиві з лободи була приблизно вдвічі вищою, ніж зареєстрований максимальний вміст АК у хлібобулочних виробках (1044 мкг / кг) у деяких попередніх дослідженнях, та у 6 разів вищою, ніж рекомендований контрольний рівень АК відповідно до правил Європейської Комісії для печива (350 мкг/ кг). Вплив МД на інгібування АК було вперше вивчено при чотирьох рівнях концентрації (1, 3, 5 та 7% за обсягом) у тісті з лободи. Дослідження проводили за допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням

Фур'є (FT-IR), <sup>13</sup>C ядерного магнітного резонансу (<sup>13</sup>C ЯМР) та <sup>1</sup>H ЯМР. Цікаво, що 5% (об./об.) розчин MD, доданий у тісто з лободи, успішно застосовувався для інгібування утворення АК на рівні 89,1% (до 233±6 мкг/кг сухого печива) без погіршення якості готового виробу. Це перший підхід до зниження вмісту АА у печиві з лободи, з досяжним результатом, що становить приблизно половину рекомендованого в ЄС еталонного рівня АА. Це зменшення АА може бути пов'язане зі здатністю MD утримувати молекули води під час випікання. Крім того, наявність гідроксильних груп у полімері MD може зшивати АК за допомогою водневих зв'язків. Таким чином, печиво з кіноа, збагачене MD, може бути корисним для здоров'я харчовим продуктом із низьким вмістом акриламідів [8].

Метою нових досліджень є виробництво печива, збагаченого молочною сироваткою, шляхом додавання концентрату солодкої сироватки до пшеничного борошна на різних рівнях заміни та оцінка харчової якості і стабільності продукту під час зберігання. З різною кількістю сироватки (25, 50, 75 і 100%) було створено контрольну та чотири експериментальні проби. Визначали хімічний склад усіх експериментальних проб та контрольної проби. Результати показали, що А4> А3> А2> А1> СО був рейтингом хімічного аналізу для вмісту вологи, вмісту білка та вмісту жиру. На основі отриманих даних було зроблено висновок, що печиво із заміненою водою на різні концентрації сироваткового молока збагатило всі випробувані сенсорні оцінки (колір, зовнішній вигляд, смак, запах, текстура, а також загальна прийнятність) проб. У підсумку використання молочної сироватки замість води у виробництві печива покращує показники білка та жиру, зберігаючи високу сенсорну оцінку, одночасно збільшуючи термін зберігання продукту [9].

Ізолят соєвого білка (SPI), гідролізат соєвого білка (SPH) та текстурований соєвий білок (TSP) використовували для збагачення поживними речовинами борошна, а також визначали реологічні властивості тіста і якість локшини. Соеві білки збільшували пікову в'язкість борошняної пасти [10]. Тісто, збагачене TSP, також продемонструвало більш тверду поведінку з найвищим модулем пружності, тоді як тісто, збагачене SPH, показало найнижчий модуль пружності. Соеві білки в локшині збільшують втрати під час варіння. Втрата білка локшиною SPH-W сягала 32,0%, що набагато вище, ніж у пшеничної локшини (13,3%), тоді як втрата білка локшиною

TSP-W становила лише 14,3%. Три типи соєвих білків послаблювали глютену мережу на різних рівнях. Більші білкові молекули TSP зв'язуються з глютеніном і утворюють більш високомолекулярні полімери, врівноважуючи послаблювальні ефекти, які виникають через втручання в глютенін-глютенінові зв'язки. Отже, TSP більше підходить для використання в локшині.

Тритикале є високоврожайним злаком, однак низький вихід борошномельного помелу перешкоджає його використанню як альтернативи пшениці в продуктах із переробленого борошна. Дослідженнями вивчалася роль твердості, розміру зерна та вологості за різних умов. Повторні зразки трьох сортів тритикале, вирощених у двох середовищах із м'якою пшеницею, подрібнювали при п'яти значеннях вологості. Вихід борошна при помелі, зольність збільшувалися зі зменшенням вологості в усіх генотипів. Вихід помелу і вміст білка в борошні тритикале можна поліпшити шляхом темперування тритикале, зниження вмісту вологи за умови, що високий вміст золи в кінцевому продукті не вважається неприйнятним [11].

Науковцями здійснено огляд і аналіз впливу найпоширеніших гідроколоїдів на різні аспекти виробництва пшеничного хліба [12]. До них належать екструдат камеді, камедь морських водоростей, модифікована целюлоза, пектини, галактоманнани насіння бобових та екзополісахариди мікробної ферментації. Гідроколоїди використовуються для покращення показників тіста, характеристик хліба та органолептичних якостей. Їх також додають, щоб мінімізувати небажані зміни текстури м'якушки під час зберігання (ефект опору).

У технологіях випікання (заморожене тісто, випікання хліба) вони можуть допомогти зберегти структуру від пошкоджень шляхом заморожування, тим самим роблячи продукти прийнятними. Нарешті, покращені поживні суміші з пшеничного та іншого борошна можуть отримати переваги від додавання гідроколоїдів, щоб компенсувати погіршення якості.

Через обмежене використання борошна з насіння півонії в харчовій промисловості було досліджено вплив різних цукрів на структурні та смакові властивості продуктів реакції Майяра (ПЗМ) з гідролізатів борошна з насіння півонії (PSH) [13]. Було помічено, що вплив рибози, ксилози та глюкози на структуру MRP більший, ніж мальтози та ксилоолігосахаридів. MRP, приготовлені з використанням рибози та ксилози, пока-

зали велику інтенсивність потемніння, ступінь заміщення (DS) та інтенсивність флуоресценції. Розподіл молекулярної маси (ММ) (500-1000 Так, 1000-3000 Так і >3000 Так) був значно збільшений у всіх MRP. Часткова регресія найменших квадратів (PLSR) показала, що розподіл молекулярної маси, вільних амінокислот та летких сполук значною мірою сприяв сенсорним характеристикам MRP. Борошно з насіння півонії є чудовим нетрадиційним джерелом рослинного білка. В сучасній харчовій промисловості зростає попит на рослинні білки в порівнянні з білками тваринного походження у різних продуктах для здоров'я.

Науковими розробками створено ароматизатор із використанням білка борошна з насіння півонії за допомогою реакції Майяра (MR). Було досліджено вплив типів цукру на зміну кольору, характеристики структури та формування смаку MRP. Поліпшення MRP після кон'югації з різними типами цукру може підвищити їхній промисловий потенціал як підсилювач смаку.

Для забезпечення потреб людей зі специфічною алергією на пшеницю або з генетичною схильністю до глютенної хвороби дослідники харчової промисловості розробили високоякісний безглютеновий хліб. Оскільки якість пшеничного хліба значною мірою залежить від в'язкопружних властивостей глютену, для моделювання його ефектів використовувалися різні інгредієнти, такі як гідроколоїди, трансглютамінази та протеази [13]. Недавні спроби включали використання регулювання окиснювально-відновного потенціалу, а також піни, стабілізованої частинками. Поточні досягнення у розробці безглютенового хліба в лабораторії передбачали особливу увагу до хлібу на основі рису.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Таким чином, виконаний огляд нових наукових розробок продемонстрував практичні можливості щодо поліпшення якості харчових продуктів на основі борошна. Більший акцент робиться на таких продуктах, як хліб, локшина, печиво, борошно. Дослідження показують позитивну дію нових способів у виготовленні зазначених продуктів, а також сприятливий вплив від застосування рослинних добавок на поліпшення показників якості тіста, зокрема реологічних характеристик та сенсорних показників. Окрім цього, їхнє додавання дозволяє подовжити збереження якості продукції. Отримані результати та нові спрямування у цій галузі слугують обґрунтуванням для подальших досліджень і розробок.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Сирохман І.В., Лозова Т.М. Якість і безпечність зерноборошняних продуктів. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 384 с.
2. Hemdane, S., Langenaeken, N. A., Jacobs, P. J., Verspreet, J., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. Study of the role of bran water binding and the steric hindrance by bran in straight dough bread making. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 253. Pp. 262–268.
3. Gelinas, P., & McKinnon, C. M. Effect of flour heating on dough rheology. *Lebensmittel-Wissenschaft+Technologie*. Vol. 37(1). Pp. 129–131.
4. Feng W., Ma S., Wang F., Wang X. Effect of black rice flour with different particle sizes on frozen dough and steamed bread quality. *Food Science+Technology*. 2022. Vol. 1. Pp. 235–249.
5. Yang Y., Jiao A., Liu Q., Ren X., Zhu K., Jin Z. The effects of removing endogenous proteins,  $\beta$ -glucan and lipids on the surface microstructure, water migration and glucose diffusion in vitro of starch in highland. *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 127. Pp. 521–542.
6. Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S. Y., & Perera, C. O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. *Journal of Food Science*. 2010. Vol. 75(8). Pp. 1163–1174.
7. Cappelli, A., Bini, A., Cini, E. The Effects of Storage Time and Environmental Storage Conditions on Flour Quality, Dough Rheology, and Biscuit Characteristics: The Case Study of a Traditional Italian Biscuit (Biscotto di Prato). *Foods*. 2022. Vol. 11. Pp. 209–217.
8. Mousa Ahmed Mousaa. Inhibition of acrylamide in gluten-free quinoa biscuits by supplementation with microbial dextran. *International Journal of Food Properties*. 2022. Vol. 25(1). Pp. 11–23.
9. Emad M. El-Kholie, Seham A. Khader, Mohamed M. Ragb. Utilization of Whey Milk by-Product for the Production of Biscuits. *JHE*. 2022. Vol. 32(1). Pp. 142–150.
10. Yingying Zhang, Xingfeng Guo, Haoran Xiong, Tingwei Zhu. Effect of modified soy protein isolate on dough rheological properties and noodle qualities. *Food Processind and Preservation*. 2022. Vol. 1. Pp. 172–186.
11. A. L. Dennett, R. M. Trethowan. Milling efficiency of triticale grain for commercial flour production. *Journal of Cereal Science*. 2013. Vol. 57(3). Pp. 527–530.
12. Cristina Ferrero. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*. 2017. Vol. 68. Pp. 15–22.
13. Ya-Fang Shang, Heng Cao, Chao-Kun Wei, Kiran Thakur, Ai-Mei Liao, Ji-Hong Huang, Zhao-Jun Wei. Effect of sugar types on structural and flavor properties of peony seed derived Maillard reaction products. *Food Processind and Preservation*. 2020. Vol. 44(3). Pp. 156–164.

14. Yano, H. Recent practical researches in the development of gluten-free breads. *NPJ Science of Food*. 2019. Vol. 3(7). Pp. 321–328.

#### REFERENCES:

1. Syrokhman, I. V., Lozova, T. M. (2006), Yakist' i bezpechnist' zernoboroshninykh produktiv. K. : Tsentri navchal'noi literatury. 384 s.
2. Hemdane, S., Langenaeken, N. A., Jacobs, P. J., Verspreet, J., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. (2018), Study of the role of bran water binding and the steric hindrance by bran in straight dough bread making, *Food Chemistry*, vol. 253, pp. 262-268.
3. Gelinas, P., & McKinnon, C. M. Effect of flour heating on dough rheology, *Lebensmittel-Wissenschaft+Technologie*, vol. 37(1), pp. 129-131.
4. Feng W., Ma S., Wang F., Wang X. (2022), Effect of black rice flour with different particle sizes on frozen dough and steamed bread quality, *Food Science+Technology*, vol. 1, pp. 235-249.
5. Yang Y., Jiao A., Liu Q., Ren X., Zhu K., Jin Z. (2021), The effects of removing endogenous proteins,  $\beta$ -glucan and lipids on the surface microstructure, water migration and glucose diffusion in vitro of starch in highland, *Food Hydrocolloids*, vol. 127, pp. 521-542.
6. Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S. Y., & Perera, C. O. (2010), Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review, *Journal of Food Science*, vol. 75(8), pp. 1163-1174.
7. Cappelli, A., Bini, A., Cini, E. (2022), The Effects of Storage Time and Environmental Storage Conditions on Flour Quality, Dough Rheology, and Biscuit Characteristics: The Case Study of a Traditional Italian Biscuit (Biscotto di Prato), *Foods*2022, vol. 11, pp. 209-217.
8. Mousa Ahmed Mousaa. Inhibition of acrylamide in gluten-free quinoa biscuits by supplementation with microbial dextran (2022), *International Journal of Food Properties*, vol. 25 (1), pp. 11-23.
9. Emad M. El-Kholie, Seham A. Khader, Mohamed M. Ragb. (2022), Utilization of Whey Milk by-Product for the Production of Biscuits, *JHE*, vol. 32(1), pp. 142-150.
10. Yingying Zhang, Xingfeng Guo, Haoran Xiong, Tingwei Zhu. (2022), Effect of modified soy protein isolate on dough rheological properties and noodle qualities, *Food Processind and Preservation*, vol. 1, pp. 172-186.
11. A. L. Dennett, R. M. Trethowan. (2013), Milling efficiency of triticale grain for commercial flour production, *Journal of Cereal Science*, vol. 57 (3), pp. 527-530.
12. Cristina Ferrero. (2017), Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review, *Food Hydrocolloids*, vol. 68, pp. 15-22.
13. Ya-Fang Shang, Heng Cao, Chao-Kun Wei, Kiran Thakur, Ai-Mei Liao, Ji-Hong Huang, Zhao-Jun Wei. (2020), Effect of sugar types on structural and flavor properties of peony seed derived Maillard reaction products, *Food Processind and Preservation*, vol. 44 (3), pp. 156-164.
14. Yano, H. (2019), Recent practical researches in the development of gluten-free breads, *NPJ Science of Food*, vol. 3 (7), pp. 321-328.

*Стаття надійшла до редакції 11.12.2021*



## НОТАТКИ

ВІСНИК  
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

Випуск 29

Літературний редактор – Муравицька Н. О.

Коректор – Мох О. П.

Комп'ютерний макет видавництва

Львівського торговельно-економічного університету

Електронна версія: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech>

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 8,31. Ум. друк. арк. 10,46. Зам. № 0422/130

Підписано до друку 07.02.2022 року. Наклад 300 прим.

---

Віддруковано в друк. видавництва Львівського торговельно-економічного університету  
79005, м. Львів, вул. Туган-Барановського, 10. Тел. 244-40-19. e-mail drook@ukr.net  
Свідоцтво Держкомітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України  
серія ДК № 5149 від 15.07.2016 р.