

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

ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ВИПУСК 33

ЛЬВІВ
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2023

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2023. – Вип. 33. – 86 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

Випуск 33

Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча 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”.

Свідоцтво 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 № 9 від 07 березня 2023 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.;

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.;

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: 10.36477/2522-1221-2023-33

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



ЗМІСТ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

<i>Бернацький А. В., Лукашенко В. А., Сіора О. В., Шамсутдінова Н. О.</i> ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ З'ЄДНАНЬ З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АА5056.....	5
<i>Захаров А. В., Рибалко І. М., Сайчук О. В.</i> МЕТАЛУРГІЙНІ ПРОЦЕСИ ПЛАВЛЕННЯ І ПЕРЕНЕСЕННЯ ЕЛЕКТРОДНОГО ТА ПРИСАДНОГО МАТЕРІАЛІВ У ШЛАКОВІЙ ВАННІ ПРИ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ.....	12
<i>Пелик Л. В., Пелех Ю. А., Шелько Д. Ю.</i> ВПЛИВ НИТКИ ЕЛАСТАН НА ФОРМОСТІЙКІСТЬ ЗМІШАНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	19

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Березовський Ю. В., Бойко Г. А., Краглік В. С.</i> РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ ПЕРЕРОБКИ КОНОПЕЛЬ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	26
--	----

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

<i>Бліщ Р. О.</i> ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПИВА.....	33
<i>Голуб Л. С., Власенко К. М.</i> ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СКЛАДАННЯ РЕЦЕПТУР МАЙОНЕЗНИХ СОУСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ.....	40
<i>Назаренко Ю. В., Шмідт Б. В., Болгова Н. В., Синенко Т. П.</i> РОЗРОБКА СИРНОГО ПРОДУКТУ ІЗ РОСЛИННИМ БІЛКОМ.....	47
<i>Приліпко Т. М., Семенов О. М., Підлісний В. В.</i> РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВКОПЧЕНОЇ КОВБАСИ З М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З PSE-ВЛАСТИВОСТЯМИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОЇ ФОСФАТВІСНОЇ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ.....	55
<i>Приліпко Т. М., Косташ В. Б., Федорів В. М.</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТИВ РУБЛЕНИХ М'ЯСНИХ ЗБАГАЧЕНИХ ВИРОБІВ З ПРОЛОНГОВАНИМИ ТЕРМІНАМИ ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ В ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДАХ.....	60
<i>Рогова А. Л., Гризовська Л. О., Чоні І. В.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКУ ШИПШИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНИХ ВИРОБІВ.....	66

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<i>Ощипок І. М., Ощипок О. І., Туриця М. Ю.</i> СТРАТЕГІЯ БЕЗПЕЧНОСТІ В ІНДУСТРІЇ ХАРЧУВАННЯ.....	74
--	----

CONTENTS

TOPICAL ISSUES OF SCIENTIFIC AND PRACTICAL MATERIALS SCIENCE

Bernatskyi A. V., Lukashenko V. A., Siora O. V., Shamsutdinova N. O.

LASER WELDING OF AA5056 ALUMINUM ALLOY JOINTS..... 6

Zakharov A. V., Rybalko I. M., Saychuk O. V.

METALLURGICAL PROCESSES OF MELTING AND TRANSFER OF ELECTRODE
AND ADDITIVE MATERIALS IN A SLAG BATH IN ELECTROSLAG SOLDERING..... 13

Pelyk Lesya, Peleh Yulia, Shelko Diana

THE EFFECT OF ELASTAN THREAD ON THE SHAPE RETENTION
OF MIXED TEXTILE MATERIALS..... 20

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF LIGHT INDUSTRY

Berezovsky Yu. V., Boyko G. A., Kraglik V. S.

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COMPONENT OF HEMP PROCESSING
IN LIGHT INDUSTRY..... 26

MODERN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD TECHNOLOGY

Blishch R. O.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF OBTAINING FUNCTIONAL BEER..... 33

Holub L. S., Vlasenko E. N.

INNOVATIVE APPROACHES TO MAKING MAYONNAISE SAUCE RECIPES
USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS..... 40

Nazarenko Y. V., Shmidt B. V., Bolhova N. V., Synenko T. P.

DEVELOPMENT OF A CHEESE PRODUCT WITH VEGETABLE PROTEIN..... 47

Prylipko T. M., Semenov A. M., Pidlisnyj V. V.

FORMULATION DEVELOPMENT, TECHNOLOGY AND CONSUMER RESEARCH
PROPERTIES OF SEMI-SMOKED SAUSAGE FROM MEAT RAW MATERIALS WITH
PSE PROPERTIES USING A COMBINED PHOSPHATE-CONTAINING FOOD ADDITIVE..... 55

Prylipko T. M., Kostash V. B., Fedoriv V. M.

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED MINCED
MEAT ENRICHED PRODUCTS WITH EXTENDED SHELF LIFE FOR FOOD
IN CHILDREN'S INSTITUTIONS..... 60

Rohova A. L., Grisovska L. O., Choni I. V.

RATIONALE FOR THE USE OF ROSEHIP POWDER
IN THE TECHNOLOGY OF BISCUIT PRODUCTS..... 66

CHALLENGES AND PROSPECTS OF THE SYSTEM OF FOOD QUALITY CONTROL

Oshchypok I. M., Oshchypok O. I., Turytsia M. Y.

SAFETY STRATEGY IN THE FOOD INDUSTRY..... 74

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ТА ПРАКТИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

УДК 621.791.72

Бернацький А. В.,

bernatskyi@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580,

ResearcherID S-7462-2019,

к.т.н., старший дослідник, завідувач відділу

«Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»,

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Лукашенко В. А.,

z_lyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9685-4654,

ResearcherID DDP-7431-2022,

к.т.н., науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»,

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Сіора О. В.,

siora_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X,

ResearcherID FYR-4062-2022,

науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»,

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

Шамсутдінова Н. О.,

shamsutaliia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3525-0080,

Scopus ID 57331245800,

інженер відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»,

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ

ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ З'ЄДНАНЬ З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АА5056

Анотація. При зварюванні алюмінієвих сплавів перевага віддається стиковим з'єднанням. Зварювання стикових з'єднань із повним проплавленням виконують на підкладках, що усуваються, з канавками, у які стікає розплавлений метал разом зі шлаками. Однак існує велике коло промислових задач пов'язаних з необхідністю виготовлення конструкцій із застосуванням таврових зварних з'єднань та внапустку. У зв'язку з цим набуває актуальності вирішення проблеми зварювання таких з'єднань з алюмінієвих сплавів та відпрацювання технологій зварювання, що є метою даної роботи. Виконано відпрацювання технології лазерного зварювання таврових і внапустку з'єднань алюмінієвого сплаву АА5056 товщиною 2,0 мм та визначені основні технологічні параметри зазначених процесів. З метою запобігання виходу з ладу лазерного обладнання було виконано експерименти з лазерного зварювання при вертикальному положенні швів, а саме зварювання вели «знизу – догори». Згідно ДСТУ EN ISO 15614-11:2016 виконували радіографічний та візуальний контроль одержаних зварних з'єднань, металографічні дослідження, механічні випробування. Рівень якості зварних з'єднань, в залежності від наявності, виду та розмірів дефектів, оцінювали згідно ДСТУ EN ISO 13919-2:2015 «Зварювання. З'єднання, виконані електронно-променевим та лазерним зварюванням. Настанова щодо оцінювання рівня якості залежно від дефектів. Частина 2. Алюміній та його сплави». Визначено особливості формування швів при зварюванні лазерним випромінюванням зварних з'єднань та виконано пошук прогресивних технологічних рішень із метою поліпшення властивостей зварних з'єднань. Визначено ефективність зварювання лазерним випромінюванням для забезпечення надійності таврових та внапустку з'єднань із алюмінієвого сплаву АА5056 при виготовленні зразків товщиною 2,0 мм. Прогнозні при-

пущення про розвиток об'єкту досліджень – використання одержаних результатів для створення на їх основі технологій лазерного зварювання для застосування в харчовій, машинобудівній, хімічній та інших областях промисловості.

Ключові слова: лазерне зварювання, алюмінієвий сплав, таврові зварні з'єднання, зварні з'єднання внапустку, дефекти, структура.

Bernatskyi A. V.,

bernatskyi@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580,

ResearcherID S-7462-2019,

Ph.D., Senior Researcher,

Head of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Lukashenko V. A.,

z_lyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9685-4654,

ResearcherID DDP-7431-2022,

Ph.D., Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Siora O. V.,

siora_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X,

ResearcherID FYR-4062-2022,

Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Shamsutdinova N. O.,

shamsutaliia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3525-0080,

Scopus ID 57331245800,

Engineer of the Department the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

LASER WELDING OF AA5056 ALUMINUM ALLOY JOINTS

Abstract. Butt joints are preferred when welding aluminum alloys. Welding of butt joints with full penetration is performed on removable substrates with grooves into which the molten metal flows together with slag. However, there is a wide range of industrial problems related to the need to manufacture structures using T-weld joints and lap joint. In this regard, solving the problem of welding such joints from aluminum alloys and working out welding technologies, which is the goal of this work, becomes relevant. The laser welding technology of 2.0 mm thick aluminum alloy AA5056 T-weld joints and lap joint was developed and the main technological parameters of the specified welding processes were determined. In order to prevent the failure of the laser equipment, experiments on laser welding were carried out with the vertical position of the seams, namely, the welding was carried out “from the bottom – up”. According to DSTU EN ISO 15614-11:2016, radiographic and visual control of the obtained welded joints, metallographic studies, mechanical tests were performed. The level of quality of welded joints, depending on the presence, type and size of defects, was evaluated according to DSTU EN ISO 13919-2:2015 “Welding. Connections made by electron beam and laser welding. Guidance on assessing the level of quality depending on defects. Part 2. Aluminum and its alloys”. The peculiarities of the formation of seams during welding with laser radiation of welded joints were determined and the search for progressive technological solutions was carried out in order to improve the properties of welded joints. The effectiveness of laser radiation welding to ensure the reliability of T-weld joints and lap joint from AA5056 aluminum alloy in the manufacture of samples with a thickness of 2.0 mm was determined. Predictive assumptions about the development of the object of research – the use of the obtained results for the creation of laser welding technologies based on them for use in the food, machine-building, chemical and other industries.

Key words: laser welding, aluminum alloy, T-weld joint, lap joint, defects, structure.

JEL Classification: L 23; O 31; O 32

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-01

Постановка проблеми. На даний момент існує стійка тенденція до росту споживання виробів з алюмінію. Область застосування чистого алюмінію – в основному в електротехнічній і харчовій промисловості. Легкі алюмінієві сплави є перспективними конструкційними матеріалами в авіа- та ракетобудуванні, суднобудуванні, хімічній та інших галузях промисловості. У плані реалізації складних конструкційних рішень питання зварювання алюмінієвих сплавів та його якості є дуже важливим, як і в плані відновлення литих виробів з таких матеріалів. У цілому, зварювання алюмінію і його сплавів суттєво відрізняється від зварювання сталей, що обумовлене їхніми різними властивостями.

Алюміній має високу теплопровідність, яка у 5 разів більша за аналогічний показник для сталей. Це приводить до того, що тепло достатньо активно відводиться від місця зварювання в деталях, що з'єднуються. Тому при зварюванні цього металу необхідні набагато більші тепловкладання у порівнянні зі зварюванням сталей. Температура плавлення алюмінію низька порівняно зі сталлю. При нагріванні алюмінієвих сплавів, відбувається різке зниження міцності. Суттєво ускладнює процес і те, що алюміній не міняє при нагріванні колір і не підказує зварювальникові, що метал вже майже нагрітий до температури плавлення. Усі ці специфічні властивості алюмінію підвищують імовірність виникнення таких дефектів як прожоги. Також алюміній має у порівнянні зі сталями вдвічі більшу ливарну усадку, внаслідок чого, при затвердінні металу зварювальної ванни в ньому розвиваються значні внутрішні напруження, які нерідко приводять до утворення багатьох дефектів, у тому числі гарячих тріщин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для одержання нероз'ємних з'єднань алюмінієвих конструкцій широко застосовується зварювання [1–3]. Одне з перших місць на сьогодні займають технології дугового зварювання [4–6]. Так, при виготовленні конструкцій з сучасних алюмінієвих сплавів (таких, як АМг6, 1420, 1201, 1460, 1925, В96Ц) найбільш широко використовуються два способи дугового зварювання – плавким і неплавким електродом. Вони дозволяють одержувати порівняно високі рівні міцності й пластичності швів і забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики зварених з'єднань. Проведені авторами роботи [7] дослідження показали, що межа міцності зварених з'єднань сучасних алюмінієвих сплавів основних систем легування, отриманих дуговим

зварюванням плавким електродом, на 1...16% вища, ніж у з'єднань, виконаних неплавким електродом. У той же час пластичні властивості зварених з'єднань (ударна в'язкість металу швів й кут загины з'єднань) вищі при зварюванні неплавким електродом. Переваги застосування процесу МІГ зростають зі збільшенням товщини металу, що зварюється. Так, на сплавах 1420 і 1460 при товщині листів 3...4 мм переваги МІГ процесу становлять 1...2,5%, а при товщині листів 6 мм – 5...9%. Застосування зварювальних дротів, легованих скандієм, при дугових способах зварювання алюмінієвих сплавів дозволяє підвищити механічні властивості металу швів і зварених з'єднань у цілому. Ступінь зміцнення швів у результаті введення скандію залежить від хімічного складу сплаву, товщини листів і структури литого металу швів, у той же час приводить до зменшення ударної в'язкості металу швів і кута загины зварених з'єднань.

Але останнім часом на зміну вказаним дуговим технологіям зварювання приходять альтернативні. Все більш поширюється в світі лазерне зварювання алюмінієвих сплавів. Технологічним проривом можна вважати початок промислового застосування лазерного зварювання алюмінієвих сплавів в автобудуванні й авіабудуванні, що відбувся у 1990-і роки [8–10]. Аналіз цих джерел показує, що у застосуванні до виготовлення тонколистових конструкцій з алюмінієвих сплавів зварюванню концентрованими потоками енергії, такими, як пучок електронів та випромінювання лазера, сучасні дослідники віддають перевагу перед дуговими способами (аргоно-дуговим і плазмовим зварюванням). У тому числі тому що при мінімальних значеннях питомої погонної енергії, лазерне зварювання дозволяє одержати шви кинджальної форми, що обумовлює зменшення поперечних деформацій стикових з'єднань.

Локальність впливу і висока густина потужності сфокусованого лазерного випромінювання, широкі межі її регулювання, мінімальні розміри ЗТВ, відсутність електричного впливу на оброблювальні матеріали, можливість прецизійного наведення сфокусованого лазерного випромінювання на місце зварювання, мінімальні залишкові деформації – все це створює широкі перспективи застосування лазерного зварювання при виготовленні тонколистових конструкцій з алюмінієвих сплавів [11–13].

Постановка завдання. При зварюванні алюмінієвих сплавів перевага віддається стиковим з'єднанням. Зварювання стикових з'єднань

із повним проплавленням виконують на підкладках, що усуваються, з канавками, у які стікає розплавлений метал разом зі шлаками. Однак існує велике коло промислових задач пов'язаних з необхідністю виготовлення конструкцій із застосуванням таврових зварних з'єднань та внапустку. У зв'язку з цим набуває актуальності вирішення проблеми зварювання таких з'єднань з алюмінієвих сплавів та відпрацювання технологій зварювання, що є метою даної роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Виконано відпрацювання технології лазерного зварювання таврових і внапустку з'єднань алюмінієвого сплаву AA5056 товщиною 2,0 мм та визначені основні технологічні параметри зазначених процесів. Хімічний склад алюмінієвого сплаву AA5056 (Al 91,9–94,68; Mg 4,8–5,8; Fe до 0,5%; Mn 0,3–0,8%; Si до 0,5%; Zn до 0,2; Cu до 0,1; Ti 0,02–0,1%; Be 0,0002–0,005).

Параметри технологічних режимів лазерного зварювання змінювали у наступних межах: потужність лазерного випромінювання $P = 2,0 \dots 4,4$ кВт; швидкість зварювання $V = 500 \dots 5000$ мм/хв; величина розфокусування $\Delta F \pm 5$ мм; витрати захисного газу (аргону) 5,0...20,0 л/хв.

Габаритні розміри дослідних зразків вибирали у відповідності до ДСТУ EN ISO 15614-11:2016 «Технічні умови та атестація технології зварювання металевих матеріалів. Випробування процесів зварювання. Частина 11. Електронно-променеве та лазерно-променеве зварювання».

Для проведення експериментальних досліджень процесу лазерного зварювання, використовували твердотільний лазер DY 044 (виробництва компанії «ROFIN-SINAR», Німеччина). Для фокусування лазерного випромінювання використовували оптичну систему з кварцевою лінзою з фокусною відстанню $F=300$ мм. Для захисту зварювальної ванни використовували гелій марки «А». Для захисту кореню шва та остигаючого металу використовували аргон надчистий.

З метою запобігання виходу з ладу лазерного обладнання було виконано експерименти з лазерного зварювання при вертикальному положенні швів, а саме зварювання вели «знизу – догори».

Згідно ДСТУ EN ISO 15614-11:2016 виконували радіографічний та візуальний контроль таврових зварних з'єднань та зварних з'єднань внапустку. Якість зварних з'єднань, в залежності від наявності, виду та розмірів дефектів, оцінювали згідно ДСТУ EN ISO 13919-2:2015 «Зварювання. З'єднання, виконані електронно-промене-

вим та лазерним зварюванням. Настанова щодо оцінювання рівня якості залежно від дефектів. Частина 2. Алюміній та його сплави».

Візуальний контроль здійснювався на попередньо механічно очищених від забруднень зразках. Під час проведення візуального контролю використовувалося комбіноване (денний + місцеве за допомогою лампи розжарювання) освітлення – близько 1000 лк. Були використані наступні пристосування і інструменти: лупи переглядові 4* і 10* крат, лупа вимірювальна 10* крат з точністю 0,1 мм, штангенциркуль ШЦ140 (кл. 2), лінійка, вимірювач-профіломер портативний годинного типу з точністю 0,01 мм, мікроскоп портативний, люксметр Ю-116. За результатами візуального контролю оцінювалося: ширина шва; лускатість; наявність кратерів (усадовчих раковин в кратері); корінь шва і інші параметри.

Радіографічний контроль здійснювався на попередньо механічно очищених від забруднень зразках. Були використані: рентгенівський апарат – РАП 150/300; еталон чутливості – дровтовий; плівка радіографічна – AGFA-D5, розмір 240×100 мм та 240×300 мм; металеві екрани, що підсилюють – Рb-0,027. Виконувався порівняльний аналіз окремих результатів радіографічного контролю (результати підрахунку сумарної площини виявлених пор; їх взаємного розташування; їх розміру та інших факторів, що впливають на оцінку рівня якості зварного з'єднання).

Оптичну мікроскопію темплетів зразків зварних з'єднань виконували за допомогою мікроскопу «МІМ-8». Твердість вимірювали на приборі твердомір «Wilson Rockwell 4JR Hardness Tester».

Випробування на розтяг основного матеріалу сталі 12X18H10T товщиною 1,5 мм, проводили відповідно до ГОСТ 6996-66 «Зварні з'єднання. Методи визначення механічних властивостей» на універсальній сервогідролінійній машині «MTS-318.25», в нормальних умовах ($t=20^{\circ}\text{C}$). Швидкість переміщення захвату 10 мм/хв. За результатами механічних проведення випробувань отримані експериментальні данні зусилля руйнування (P_{max}).

Встановлено, що для таврових з'єднань при лазерному зварюванні (виконується за два проходи) найкращі результати стосовно стабільності процесу та утворення щільних швів були отримані при використанні режиму: потужність лазерного випромінювання $P_{\text{л}} = 4$ кВт; величина розфокусування (заглиблення фокусу) $\Delta F = -1$ мм; швидкість зварювання $V_{\text{ЗВ}} = 3,0$ м/хв. Виконання зварювання на вказаних режимах дозволяє



а



б

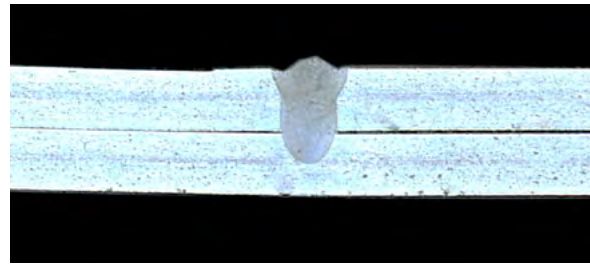
Рис. 1. Макроструктура (а) таврового з'єднання та розподіл твердості (б) сплаву AA5056

одержати таврове зварне з'єднання, що відповідає рівню якості «С» згідно ISO 13919-2.

При зварюванні таврового з'єднання лазерним випромінюванням спостерігається перекриття двох швів (рис. 1а). Спрямованість дендритів в металі обох швів аналогічна стиковому з'єднанню, спостерігаються окремі пори розміром до 200 мкм, розташовані на границі сплавлення металу двох швів. На тавровому з'єднанні в деяких ділянках ЗТВ також спостерігаються пори розміром до 30 мкм. Причиною їх утворення може бути підвищений вміст газів у вихідному металі та двократне нагрівання металу в цій зоні. Твердість металу шва становить 78–81 HRB, у ЗТВ падає до 76 HRB (рис. 1.б). Твердість сплаву AA5056 перед зварюванням становила 83–85 HRB.

За результатами проведення механічних випробувань встановлено, що отримані експериментальні данні зусилля руйнування таврового з'єднання становлять 15995–16405 Н, що перевищує значення зусилля руйнування основного матеріалу сплаву AA5056, які становлять 9490–10142 Н.

Для з'єднань внапустку при лазерному зварюванні найкращі результати стосовно стабільності процесу та утворення щільних швів були отримані при використанні режиму: потужність лазерного випромінювання $P_{л} = 4$ кВт; величина розфокусування (заглиблення фокусу) $\Delta F = -1$ мм;



а



б

Рис. 2. Макроструктура (а) та розподіл твердості (б) у напустковому з'єднанні сплаву AA5056

швидкість зварювання $V_{зв} = 3,8$ м/хв. Виконання зварювання на вказаних режимах дозволяє одержати напусткове зварне з'єднання, що відповідає рівню якості «С» згідно ISO 13919-2.

В ході проведення випробувань отримані експериментальні данні зусилля руйнування (P_{max}).

При зварюванні напусткового зварного з'єднання спостерігається неповне проплавлення нижнього зразка (рис. 2а). Характерною особливістю з'єднань є одиничні пори діаметром від 100 мкм до 600 мкм у нижній частині шва. Ширина ЗТВ менша у порівнянні із тавровим з'єднанням і складає 5 мм, що пов'язано із тим, що зварювання проводилось в 1 прохід. Твердість металу шва становить 79 – 81 HRB, у ЗТВ падає до 77 HRB (рис. 2б).

За результатами проведення механічних випробувань на одноосьовий статичний розтяг встановлено, що отримані експериментальні данні зусилля руйнування напусткового з'єднання становлять 6065–6903 Н, що на 30–40% нижче значення зусилля руйнування основного матеріалу сплаву AA5056, які становлять 9490–10142 Н. Це може бути пов'язано з декілька факторами, до яких належать наступні. У першу чергу з геометричною складовою, а саме шириною зварного з'єднання, яка на 20-40% менше товщини зразків, що зварюються. А також з відносно великою кількістю одиничних пор

та ланцюжками пор, виявлених у шві зварного з'єднання за результатами радіографічного контролю. Що також впливає на загальні розміри площі зварного з'єднання та такі його механічні характеристики, як міцність.

З метою запобігання утворення дефектів у вигляді пор, виконано пошук прогресивних технологічних рішень поліпшення властивостей зварних з'єднань. А саме: проведені дослідження із використання різних видів інертних газів (аргону та гелію) для захисту окремих ділянок зварного з'єднання при різних тисках газів (для захисту зварювальної ванни; захисту «хвостової» частини ванни та остигаючого металу). Найкращі результати, стосовно зниження кількості пор та якісного формування геометрії зварних з'єднань, одержано при коаксіальній подачі гелію для захисту верхньої частини шва. Для економії витрат можливе застосування для захисту верхньої частини ванни аргону при його подачі спереду назад за ходом зварювання.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. За результатами радіографічного аналізу та візуального контролю, металографічних досліджень та механічних випробувань, визначено режими лазерного зварювання таврових зварних з'єднань та з'єднань внапустку алюмінієвого сплаву AA5056 товщиною 2 мм, якість яких відповідає рівню якості «С» згідно вимог ISO 13919-2.

Встановлено, що верхню частину зварювальної ванни доцільно захищати гелієм при його коаксіальній подачі. Можливий захист верхньої частини ванни аргонном при його подачі спереду назад за ходом зварювання.

Перспективними для подальшої розробки технологіями зварювання алюмінієвих сплавів на думку авторів є такі, що базуються на гібридному способі зварювання при використанні лазерного випромінювання одночасно з дугою плавкого електроду.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Wang G. Q., Zhao Y. H., Tang Y. Y. Research progress of bobbin tool friction stir welding of aluminum alloys: A review. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*. 2020. Т. 33. С. 13–29. URL: <https://doi.org/10.1007/s40195-019-00946-8>
2. Cao L., Zhou Q., Liu H., Li J., Wang S. Mechanism investigation of the influence of the magnetic field on the molten pool behavior during laser welding of aluminum alloy. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. Т. 162. С. 120390. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120390>

3. Huang M., Zhang Q., Qi L., Deng L., Li Y. Effect of external magnetic field on resistance spot welding of aluminum alloy AA6061-T6. *Journal of Manufacturing Processes*. 2020. Т. 50. С. 456–466. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.01.005>

4. Sokoluk M., Cao C., Pan S., Li X. Nanoparticle-enabled phase control for arc welding of unweldable aluminum alloy 7075. *Nature communications*. 2019. Т. 10. № 1. С. 98. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07989-y>

5. Zhang Z., Wen G., Chen S. Weld image deep learning-based on-line defects detection using convolutional neural networks for Al alloy in robotic arc welding. *Journal of Manufacturing Processes*. 2019. Т. 45, С. 208–216. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.06.023>

6. Huang Y., Yuan Y., Yang L., Wu D., Chen S. Real-time monitoring and control of porosity defects during arc welding of aluminum alloys. *Journal of Materials Processing Technology*. 2020. Т. 286. С. 116832. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2020.116832>

7. Машин В. С., Покляцкий А. Г., Федорчук В. Е. Механические свойства соединений алюминиевых сплавов при сварке плавящимся и неплавящимся электродом. *Автоматическая сварка*. 2005. № 9. С. 43–49.

8. Katayama S., Katayama S. Industrial applications of laser or hybrid welding. *Fundamentals and Details of Laser Welding*. 2020. С. 185–198. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-7933-2_10

9. Rajan R., Kah P., Mvola B., Martikainen J. Trends in aluminium alloy development and their joining methods. *Reviews on Advanced Materials Science*. 2016. Т. 44. № 4. С. 383–397.

10. Oladimeji O. O., Taban E. Trend and innovations in laser beam welding of wrought aluminum alloys. *Welding in the World*. 2016. Т. 60. С. 415–457. URL: <https://doi.org/10.1007/s40194-016-0317-9>

11. Löveborn D., Larsson J. K., Persson K. A. Weldability of aluminium alloys for automotive applications. *Physics Procedia*. 2017. Т. 89, С. 89–99. URL: <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2017.08.011>

REFERENCES:

1. Wang, G. Q., Zhao, Y. H., Tang, Y. Y. (2020). 'Research progress of bobbin tool friction stir welding of aluminum alloys: A review', *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, 33, pp. 13–29. URL: <https://doi.org/10.1007/s40195-019-00946-8>
2. Cao, L., Zhou, Q., Liu, H., Li, J., Wang, S. (2020). 'Mechanism investigation of the influence of the magnetic field on the molten pool behavior during laser welding of aluminum alloy. International', *Journal of Heat and Mass Transfer*, 162, pp. 120390. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120390>
3. Huang, M., Zhang, Q., Qi, L., Deng, L., Li, Y. (2020). 'Effect of external magnetic field on resistance

spot welding of aluminum alloy AA6061-T6', *Journal of Manufacturing Processes*, 50, pp. 456–466. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.01.005>

4. Sokoluk, M., Cao, C., Pan, S., & Li, X. (2019). 'Nanoparticle-enabled phase control for arc welding of unweldable aluminum alloy 7075', *Nature communications*, 10(1), pp. 98. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07989-y>

5. Zhang, Z., Wen, G., Chen, S. (2019). 'Weld image deep learning-based on-line defects detection using convolutional neural networks for Al alloy in robotic arc welding', *Journal of Manufacturing Processes*, 45, pp. 208–216. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.06.023>

6. Huang, Y., Yuan, Y., Yang, L., Wu, D., Chen, S. (2020). 'Real-time monitoring and control of porosity defects during arc welding of aluminum alloys', *Journal of Materials Processing Technology*, 286, pp. 116832. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2020.116832>

7. Mashin, V. S., Poklyackij, A. G., Fedorchuk, V. Ye. (2005). 'Mekhanicheskie svojstva soedinenij aly-

uminievyh splavov pri svarke plavyashchimsya i neplavyashchimsya elektrodom', *Avtomaticheskaya svarka*, (9), pp. 43–49.

8. Katayama, S., Katayama, S. (2020). Industrial applications of laser or hybrid welding. *Fundamentals and Details of Laser Welding*, pp. 185–198. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-7933-2_10

9. Rajan, R., Kah, P., Mvola, B., Martikainen, J. (2016). 'Trends in aluminium alloy development and their joining methods', *Reviews on Advanced Materials Science*, 44(4), pp. 383–397.

10. Oladimeji, O. O., Taban, E. (2016). 'Trend and innovations in laser beam welding of wrought aluminum alloys', *Welding in the World*, 60, pp. 415–457. URL: <https://doi.org/10.1007/s40194-016-0317-9>

11. Löveborn, D., Larsson, J. K., Persson, K. A. (2017). 'Weldability of aluminium alloys for automotive applications', *Physics Procedia*, 89, pp. 89–99. URL: <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2017.08.011>

Стаття надійшла до редакції 1 березня 2023 року

УДК 621.791

Захаров А. В.,

zakharovandrey1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9894-7355,

аспірант кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Рибалко І. М.,

irybalko.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3663-019X,

Researcher ID I-8014-2016,

д.т.н., доц., доцент кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Сайчук О. В.,

sajchuksacha@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5118-838X,

Researcher ID G-2388-2018,

д.т.н., проф.,

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В. І. Вернадського, м. Харків

МЕТАЛУРГІЙНІ ПРОЦЕСИ ПЛАВЛЕННЯ І ПЕРЕНЕСЕННЯ ЕЛЕКТРОДНОГО ТА ПРИСАДНОГО МАТЕРІАЛІВ У ШЛАКОВІЙ ВАННІ ПРИ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Анотація. У статті досліджуються актуальні проблеми проведення процесу плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів під час електрошлакового наплавлення. Метою статті є визначення оптимальних металургійних процесів для отримання якісного наплавленого металу з необхідними показниками зносостійкості. У ході дослідження встановлено, що обертання шлакової ванни до 150 обертів за хвилину суттєво не впливає на тривалість знаходження в шлаку зернистої присадки, але прискорює процеси теплообміну між шлаком та частинками присадки, а також збільшує відносну масу шлаку, що взаємодіє з частинками. Це призводить до інтенсифікації процесу рафінування наплавленого металу. При частоті обертання шлакової ванни вище 150 обертів за хвилину в кристалізаторах діаметром 100 мм і більше тривалість процесу перенесення частинок збільшується. Іноді зернистий присадний матеріал подається не на дзеркало шлакової ванни, а укладається разом з флюсом на поверхню, що наплавається, або вводиться в об'єм шлакової ванни, наприклад у вигляді трубчастого електрода, заповненого присадкою. В цьому випадку частинки, маючи велику питому поверхню, плавляться при значно менших витратах тепла, ніж це потрібно для розплавлення такої кількості монолітного металу. Виявлено, що вільне перенесення частинок в шлаку і подальше ковзання частинок по стінці кристалізатора, яке можна назвати двоохстайдне, забезпечує повне розплавлення частинок великого діаметру (більше 3 мм) вже у шарі шлаку, без їх доплавлення у металевій ванні. Доведено, що при використанні рідкого присадного матеріалу відсутні стадії плавлення, а також формування та утворення краплі. Зі шлаком взаємодіє не крапля, а рідкий струмінь металу, подальша взаємодія відбувається на межі розподілу металевий та шлакової ванн. Визначені основні напрями проведення подальших досліджень процесів плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні. Сформульовані конкретні завдання з дослідження металургійної взаємодії між наплавним матеріалом і шлаком. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначенні ефективності застосування електродних та присадних матеріалів різного складу.

Ключові слова: електрошлакове наплавлення, шлакова ванна, електроди, присадні матеріали, електродні стрічки, плавлення.

Zakharov A. V.,

*zakharovandrey1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9894-7355,
Graduate Student of the Department of Service Engineering and Materials Technology
in Mechanical Engineering named after O. I. Sidashenko,
State Biotechnological University, Kharkiv*

Rybalko I. M.,

*irybalko.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3663-019X,
Researcher ID I-8014-2016,
Doctor of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Service Engineering
and Materials Technology in Mechanical Engineering named after O. I. Sidashenko,
State Biotechnological University, Kharkiv*

Saychuk O. V.,

*sajchuksacha@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5118-838X,
Researcher ID G-2388-2018,
Doctor of Engineering, Professor,
V. I. Vernadskiy Kharkiv State Professional and Pedagogical Applied College, Kharkiv*

METALLURGICAL PROCESSES OF MELTING AND TRANSFER OF ELECTRODE AND ADDITIVE MATERIALS IN A SLAG BATH IN ELECTROSLAG SOLDERING

Abstract. *The article examines the actual problems of the melting process and the transfer of electrode and filler materials during electroslag surfacing. The purpose of the article is to determine the optimal metallurgical processes for obtaining high-quality deposited metal with the necessary indicators of wear resistance. At the beginning of the study, it was established that the rotation of the slag bath up to 150 revolutions per minute does not significantly affect the duration of the stay of the granular additive in the slag, but accelerates the heat exchange processes between the slag and the additive particles, and also increases the relative mass of the slag interacting with the particles. This leads to the intensification of the process of refining the deposited metal. When the rotation frequency of the slag bath is higher than 150 revolutions per minute in crystallizers with a diameter of 100 mm or more, the duration of the particle transfer process increases. Sometimes the granular filler material is not fed to the mirror of the slag bath, but is placed together with the flux on the surface to be welded, or is introduced into the volume of the slag bath, for example, in the form of a tubular electrode filled with an additive. In this case, the particles, having a large specific surface area, melt with much lower heat consumption than is required to melt such a quantity of monolithic metal. It was found that the free transfer of particles in the slag and the subsequent sliding of the particles along the wall of the crystallizer, which can be called two-stage, ensures the complete melting of particles with a large diameter (more than 3 mm) already in the slag layer, without their remelting in a metal bath. It has been proven that when using a liquid additive material, there are no stages of melting, as well as the formation and formation of drops. Not a drop, but a liquid jet of metal interacts with the slag, further interaction occurs at the boundary of the distribution of the metal and slag baths. The main directions of further research into the processes of melting and transfer of electrode and additive materials in the slag bath are determined. Specific tasks for the study of the metallurgical interaction between the floating material and slag are formulated. Further research should be aimed at determining the effectiveness of using electrode and additive materials of different compositions.*

Key words: electroslag surfacing, slag bath, electrodes, filler materials, electrode tapes, melting.

JEL Classification: L 61

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-02

Металургійна взаємодія між наплавним матеріалом і шлаком відбувається на всіх стадіях контакту між ними. У разі використання при наплавленні матеріалу у твердому вигляді зі стадіями є плавлення електрода (присадки), утворення

краплі, перенесення краплі через шлакову ванну, взаємодія на межі шлакової та металевої ванни.

При використанні рідкого присадного матеріалу замість процесів плавлення та формування крапель йде взаємодія рідкого металу та шлако-

вого розплаву. Напрямок і швидкість реакції цих стадій залежить від співвідношення хімічних складів наплавленого металу і шлаку, температури, роду струму і полярності.

Залежно від типу наплавного матеріалу та місця його введення у шлакову ванну плавлення матеріалу може починатися на поверхні або дні шлакової ванни. Завершуватися процес плавлення може в шлаковій або металевій ваннах. При подачі електродного дроту в ванну шлаку її кінець занурюється в шлак на деяку глибину. Експериментально встановлено [1], що температура шлаку максимальна на глибині, близькій до глибини занурення електрода у ванну, і зменшується при наближенні до металеві ванни. Найменша температура спостерігається на поверхні шлакової ванни.

Як показали дослідження [2], під час електрошлакового процесу, що встановився, відбувається розплавлення торця електрода, відрив і переміщення розплавленої краплі через шлак у металеву ванну.

Імпульс, який крапля передає ванні, настільки великий, що потоки металу досягають її дна, викликаючи значне вирування рідкого металу та його перемішування зі шлаком, який потрапляє у ванну слідом за краплею. З підвищенням швидкості подачі дроту частота перенесення крапель зростає.

Електрошлаковий процес супроводжується значним виділенням газів. Газові бульбашки утворюються як у основному металі так і навколо електрода, причому безпосередньо під поверхнею шлакової ванни бульбашки дрібні. У міру поступу до кінця електрода розміри їх збільшуються. Вони з'єднуються один з одним, відриваються та спливають на поверхню шлакової ванни.



Рис. 1. Форма оплавлення кінця електродної стрічки при горизонтальній двоелектродній ЕШН

Плавлення наплавочного матеріалу у вигляді дроту присадки практично не відрізняється від плавлення електродного дроту. Але у зв'язку з тим,

що в даному випадку немає нагріву дроту від проходження електричного струму, процеси плавлення та перенесення крапель уповільнюються.

Плавлення електродних стрічок відбувається аналогічно плавленню електродних дротів шляхом відриву крапель розплавленого металу та перенесення їх через шлак у металеву ванну. Місце та характер відриву крапель від кінця стрічки визначається розмірами стрічки, режимом наплавлення, сухим "вильотом" електрода. В основному, перенесення крапель відбувається по всій ширині стрічки. При горизонтальній ЕШН інтенсивність утворення крапель у середній частині стрічки вища внаслідок підвищеної температури шлаку у цій зоні. Результатом цього є неоднаковий ступінь оплавлення стрічки в центрі та по її краях (рис. 1).

На плавлення електродних стрічок впливає і спосіб їхнього виробництва. Так, спечені стрічки характеризуються вищим електричним опором, що призводить до підвищеного виділення тепла під час проходження електричного струму у вильоті стрічки порівняно з дротом.

Електроди великого перерізу (головним чином, круглого та прямокутного) досить давно використовують при електрошлаковому переплаві, і процесі плавлення та перенесення металу при використанні таких електродів досліджені доволі докладно [3–5]. Рідкий метал, який стікає по оплавленому торцю електрода, що витрачається, досягнувши вершини конуса (призми для плоского електрода), під дією сил поверхневого натягу збирається в краплі, як і при розплавленні електродів малого перерізу. На краплю, що росте, діють гравітаційні електродинамічні сили і сили тертя, обумовлені рухом шлакового розплаву. Ці сили прагнуть відірвати краплю від електрода.



Рис. 2. Форма оплавлення торця електрода-труби при кільцевій ЕШН

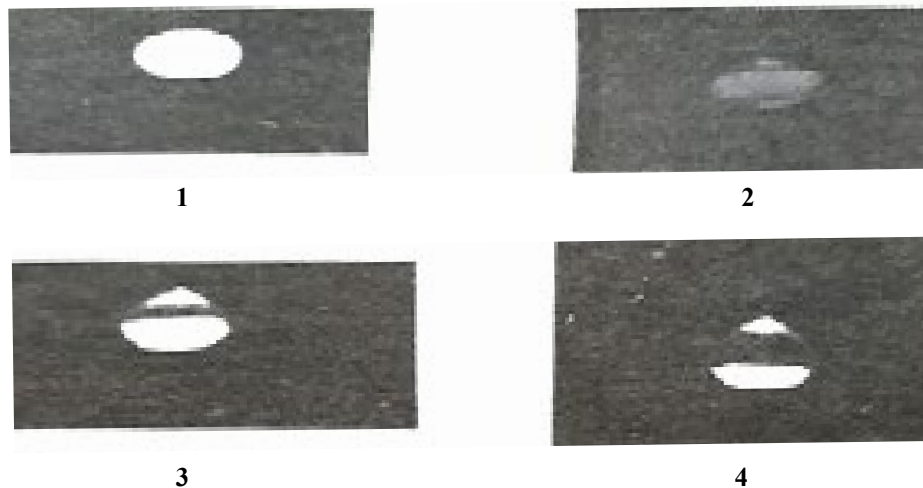


Рис. 3. Кінетика плавлення зернистої гранули салолу в шарі електроліту («холодна» модель): 1–4 етапи перетворення твердої частки на рідку краплю

У міру зростання краплі їх загальна дія перевищує сили поверхневого натягу, що утримують краплю, і остання відривається від кінця електрода. Встановлено [6], що найбільші краплі утворюються в електрошлаковому процесі на змінному струмі, а найбільш дрібні на постійному струмі зворотної полярності. Зі збільшенням сили струму та напруги частота відриву крапель зростає, а розмір їх зменшується [7].

Відірвавшись від торця електрода, що оплавляється, краплі рідкого металу прискорено рухаються через шлак в металеву ванну, причому в основному цей рух йде по найкоротшому шляху між торцем витратного електрода і металевою ванною [8]. Траєкторія руху крапель ускладнюється при зміні схеми підключення електродів, а також при зовнішній дії на шлакову ванну, наприклад, механічному або електромагнітному. При значному збільшенні розмірів електродів краплеутворення, на відміну від дрютяних електродів, відбувається не на всій поверхні торця, що оплавляється, а в декількох зонах (рис. 2). Під час руху плівки розплавленого металу до кінця електрода метал нагрівається на 35–50°C вище температури плавлення. Крім того, при проходженні краплі розплавленого металу через ванну шлаку відбувається її додаткове нагрівання. В результаті температура нагрівання крапель, що потрапляють у металеву ванну, приблизно на 90–100°C вище за температуру плавлення електродного металу [9; 10].

При використанні ЕШН зернистого присадного матеріалу характер плавлення і перенесення відрізняється від подібних процесів при використанні компактних матеріалів. Насамперед, у цьому випадку утворення краплі відбувається не

за рахунок поступового стікання плівки рідкого металу з кінця електрода (або присадки), а безпосередньо тверда гранула поступово перетворюється на рідку краплю металу [11]. Спочатку на її поверхні утворюється шлаковий гарнісаж, який швидко розплавляється. Після чого відбувається оплавлення поверхні гранули та поява плівки рідкого металу, яка за рахунок сил тертя при русі гранули у шарі шлаку зміщується у її верхню частину. Подальший рух гранули супроводжується збільшенням рідкої хвостової частини та зменшенням її твердої складової до повного перетворення твердої гранули на рідку краплю (рис. 3).

На відміну від явищ, що протікають в інших відомих технологічних процесах, ніяких відривів плівок під час руху гранул у шлаковій ванні не спостерігається. Незважаючи на зовнішню несхожість процесів плавлення компактного та некомпактного матеріалу, в обох випадках забезпечується взаємодія шлаку з рідким металом та проходження основних металургійних реакцій.

При високих діаметрах гранул або використанні тугоплавких частинок процес перетворення гранули на краплю може не встигнути завершитися в шлаку і буде продовжуватися в металевій ванні. При порівнянні розрахункового часу руху гранул через шар шлаку (рис. 4) стосовно поширеного наплавного матеріалу хромистого чавуну, можна зробити наступний висновок.

Гранули діаметром 2 мм розплавляються при проходженні більше половини шлакового шару, зростання швидкості руху гранули у зв'язку зі зміною її агрегатного стану відбуватися не буде через малу відстань, що проходить гранула у вигляді краплі. Гранула діаметром 3 мм доплавляється у металевій ванні. При діаметрі гранули

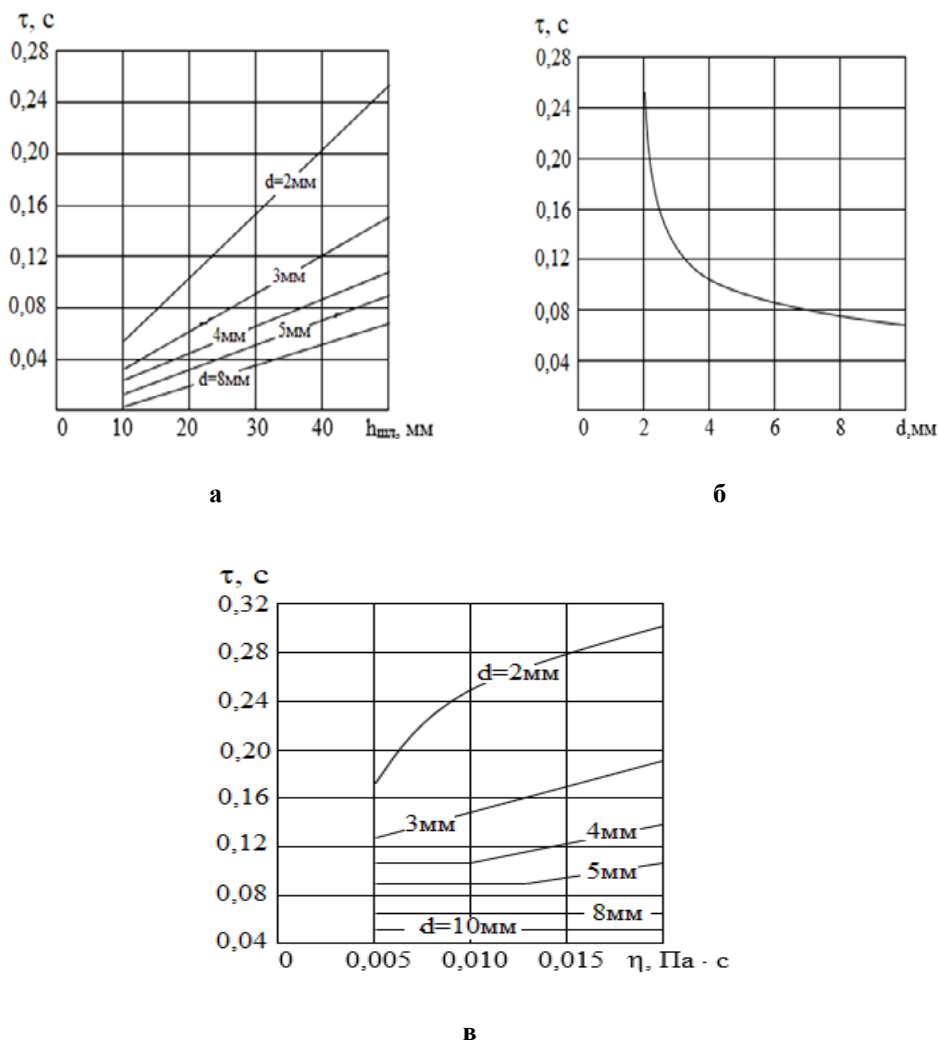


Рис. 4. Час руху гранули (у шлаковій ванні) в залежності від глибини шлакової ванни при в'язкості шлаку $\eta = 0,012 \text{ Па} \cdot \text{с}$ (а); від діаметра d гранули при $\eta = 0,012 \text{ Па} \cdot \text{с}$ і глибині шлакової ванни $h_{\text{шл}} = 50 \text{ мм}$ (б); від в'язкості шлаку η і при $h_{\text{шл}} = 50 \text{ мм}$ (в)

4 мм у шлаку спостерігається лише підвищення температури гранули з частковим підплавленням її поверхневого шару: повне ж розплавлення гранули відбувається у металевій ванні [11].

У поданих розрахунках не враховується одна особливість процесу наплавлення. При діаметрі гранул до 3,5 мм найчастіше спостерігається своєрідне стиснене осадження частинок. У певний момент часу випадкове знаходження кількох гранул на одиниці поверхні шлакової ванни призводить до різкого її охолодження на околицях гранул. «Система» гранул, що утворилася, деякий час обертається на поверхні шлакової ванни, не занурюючись в неї. Для гранул діаметром 2,0–3,5 мм цей час може становити 5–6 с. Потім відбувається прогрів гранул і прилеглого до них шару шлаку і після цього вони поринають у шлакову ванну. При використанні гранул діаметром понад 3,5 мм, таке явище не спостерігається.

Залежно від розмірів некомпактний присадковий матеріал у вигляді стружки також розплавається по-різному: дрібна стружка масою не більше 2 г (пластинки товщиною до 1 мм) утримуються на поверхні ванни шлаку до розплавлення, плавлення великої стружки масою більше 2 г (пластинки товщиною до 3 г мм) відбувається на межі розділу шлаку – металева ванна та у самій металевій ванні [12].

Необхідно відзначити, що завдяки великій наведеній поверхні реакування некомпактних матеріалів, яка в десятки разів перевищує аналогічну поверхню компактного електрода, ефект рафінування наплавленого металу при використанні некомпактного присадного матеріалу значно вищий [13].

Причому, чим менший розмір частинок, тим ефект, що рафінує, вищий. Так, стосовно наплавлення стружкою, було показано [12], що напла-

лений метал, отриманий при переплаві дрібної стружки, сталі 5ХНМ, містить менше сірки і фосфору, ніж при великому переплаві (табл. 1).

Іноді зернистий присадковий матеріал подається не на дзеркало шлакової ванни, а укладається разом з флюсом на поверхню, що наплавляється, або вводиться в об'єм шлакової ванни, наприклад у вигляді трубчастого електрода, заповненого присадкою. В цьому випадку частинки, маючи велику питому поверхню, плавляться при значно менших витратах тепла, ніж це потрібно для розплавлення такої кількості монолітного металу. Взаємодія їх зі шлаком відбувається на межі розділу шлакової та металевої ванн, що різко зменшує поверхню реагування та знижує окислення легуючих елементів. Легуючі елементи розчиняються в металевій ванні при відносно низькій температурі і мають мінімальний контакт з газовою фазою, що також сприяє зменшенню їх окиснення [14].

Таблиця 1

Вміст сірки та фосфору в наплавленому металі

Об'єкт дослідження	Масова доля елемента, %	
	Сірка	Фосфор
Стружка	0,02	0,028
Метал, наплавлений дрібною стружкою	0,008	0,024
Метал, наплавлений крупною стружкою	0,012	0,027

При наплавленні циліндричних деталей в кільцевому кристалізаторі на процеси плавлення та перенесення зернистого присадного матеріалу в шарі шлаку певний вплив робить обертання шлакової ванни. Експериментально авторами встановлено, що при обертанні шлакової ванни з частотою 40 хв траєкторія руху частинок діаметром 2,0 та 3,5 мм відхиляється у площині шлакової ванни відповідно на кут 290°С та 200°С

Також встановлено, що обертання шлакової ванни з частотою до 150 хв⁻¹ суттєво не впливає на тривалість знаходження в шлаку зернистої присадки, але прискорює процеси теплообміну між шлаком та частинками присадки, а також збільшує відносну масу шлаку, що взаємодіє з частинками.

Це призводить до інтенсифікації процесу рафінування наплавленого металу. При частоті обертання шлакової ванни вище 150 хв⁻¹ в кристалізаторах діаметром 100 мм і більше тривалість процесу перенесення частинок збільшується.

Це збільшення відбувається за рахунок перетворення процесу перенесення частинок на двох-стадійне: вільне перенесення в шлаку і подальше ковзання частинки по стінці кристалізатора.

Таке перенесення забезпечує повне розплавлення частинок великого діаметру (більше 3 мм) вже у шарі шлаку, без їх доплавлення у металевій ванні. При використанні рідкого присадного матеріалу відсутні стадії плавлення, а також формування та утворення краплі. Зі шлаком взаємодіє не крапля, а рідкий струмінь металу, подальша взаємодія відбувається на межі розділу металевої та шлакової ванн.

Певною мірою цей процес відповідає рафінуванню металу синтетичними шлаками [15]. Основна відмінність полягає лише в тому, що струмінь металу, який заливається, подається в розплавлену шлакову ванну невеликої глибини (до 50-70 мм), до якої прикладено напругу, а сама подача здійснюється з відносно невеликої висоти, що знижує ступінь шлаку і металу. Деякі дослідження [16] вказують на те, що перемішування металу та шлаку інтенсифікується внаслідок дроблення струменя при його зіткненні з металевою ванною.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Електрошлакове зварювання та наплавлення / за ред. Б. Е. Патона. М. : Машинобудування, 1980. 512 с.
2. Дудко Д. А., Волошкевич Г. З., Сушук-Слюсаренко І. І., Личко І. І. Дослідження електрошлакового процесу за допомогою кіно- та фотозйомок через прозоре середовище. *Автоматичне зварювання*. 1971. № 2. С. 15–17.
3. Медовар Б. І., Бойко Г. А., Єгоров С. П., Дубинський Р. С. Застосування «холодної» моделі ЕШП при моделюванні процесу плавлення електродів, що витрачаються. *Рафінуючі переплави*. Київ : Наукова думка, 1975. Вип. 2. С. 63–67.
4. Медова Б. І., Бойко Г. І., Баранова Л. М. «Холодна» модель процесу ЕШП. *Рафінуючі переплави*. Київ : Наукова думка, 1975 Вип. 2. С. 58–63.
5. Вачугов Г. А., Хлинов В. В., Хасін Г. А., Антропова Г. А. Неметалургійні включення в металі електрошлакового переплаву. *Бюлетень ЦІН ЧМ*. 1966. № 1. С. 47–49.
6. Рибалко І. М., Захаров А. В. Фізико-хімічні властивості флюсів для електрошлакового наплавлення. *Наукові вісті Дніпровського університету* – 2022. № 23. С. 1–5.
7. Рибалко І. М., Сайчук О. В., Захаров А. В. Фізико-хімічні властивості флюсів та їх технологічні параметри. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. Vol. 1. No. 5. 2022. P. 70–76. DOI: 10.46299/j.isjea.20220105.09.

8. Ю. М. Кусков. Электрошлаковая наплавка / під ред. А. Ф. Піменова. М. : «Наука та технології». 2001. 180 с.

9. Кусков Ю.М., Рябцев І.А. Электрошлакові технології наплавлення та рециклінгу металевих та металовмісних відходів : монографія / за загальною редакцією д.т.н., проф. І.А. Рябцева) К. : Інтерсервіс, 2020. 199с.

10. Жеребцов С. М., Чернишов Є. А. Особливості фізико-хімічних властивостей флюсів, що використовуються у технологіях електрошлакового переплаву. *Праці НДТУ*. 2016. № 1 (112). С. 228–235.

11. Миронов Ю. М., Лоскутов В. І., Йодковський С. А. Регулювання хімічного складу металу при ЕШП за допомогою постійної складової струму. Тези доповідей. *III Всесоюзна конференція із сучасних проблем електрометалургії сталі*. 1977. С. 78–79.

12. Кусков Ю. М., Гордан Г. М., Богайчук І. Л., Кайда Т. В. Электрошлакове наплавлення дискретними матеріалами, різні способи виготовлення. *ІСЗ ім. Б. О. Патона. Зварювальне виробництво*. 2015. С. 10.

13. Волков А. Є., Гохман Г. 3., Шалімов А. Г. Плавлення та рафінування у перегрітому шлаку некомпактних матеріалів. *Сталь*. 1984 № 7. С. 30–33.

14. Меліков В. В. Багатоелектродна наплавка. М. : Машинобудування, 1988. 140 с.

15. Воїнов З. Р., Шалімов А. Р., Косой Л. Ф., Калинин С. З. Рафінування синтетичними шлаками. Вид. 2-ге. М. : Металургія. 1970. 464 с.

16. Лютий І.Ю., Латаш Ю.В. Электрошлаковая выплавка та рафінування металів. Київ : Наукова думка, 1982. 188 с.

REFERENCES:

1. Electroslag welding and surfacing / Ed. B. E. Paton. M. : Mashinobudovannya, 1980. 512 p.

2. Dudko D.A., Voloshkevich G.Z., Sushuk-Slyusarenko I. I., Lychko I. I. Study of the electroslag process using films and photographs through a transparent medium. *Automatic welding*. 1971. No. 2. С. 15–17.

3. Medovar B. I., Boyko G. A., Egorov S. P., Dubinsky R. S. Application of the “cold” model of the ECP in modeling the melting process of consumable electrodes. *Refining remelts*. Kyiv : Naukova dumka, 1975. Vol. 2. P. 63–67.

4. Medova B.I., Boyko G.I., Baranova L.M. “Cold” model of the EHP process. Refining remelts. Kyiv : Naukova dumka, 1975 Issue. 2. P. 58–63.

5. Vachugov G. A., Khlynov V. V., Khasin G. A., Antropova G. A. Non-metallurgical inclusions in the metal of electroslag remelting. *Bulletin of TSIIN ChM*. 1966. No. 1. P. 47–49.

6. Rybalko I.M., Zakharov A.V. Physico-chemical properties of fluxes for electroslag surfacing. *Scientific news of Daliv University*, 2022. No. 23. P. 1–5.

7. Rybalko I.M., Saychuk O.V., Zakharov A.V. Physico-chemical properties of fluxes and their technological parameters. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. Vol. 1, No. 5. 2022. P. 70–76. DOI: 10.46299/j.isjea.20220105.09.

8. Kuskov Yu. M.. Electroslag surfacing / Ed. A. F. Pimenov. M. : “Science and technologies”. 2001. 180 p.

9. Kuskov Yu. M., Ryabtsev I. A. Electroslag technologies of surfacing and recycling of metal and metal-containing waste: monograph / Edited by Doctor of Science, Prof. I. A. Ryabtseva). K. : Interservice, 2020. 199 p.

10. Zherebtsov S. M., Chernyshov E.A. Peculiarities of physicochemical properties of fluxes used in electroslag remelting technologies Proceedings of National Technical University. 2016. No. 1 (112). P. 228–235.

11. Mironov Yu. M., Loskutov V. I., Yodkovskiy S. A. Regulation of the chemical composition of the metal in the case of electric shock with the help of the constant component of the current. *Theses of reports. III All-Union Conference on Modern Problems of Steel Electrometallurgy*. 1977. P. 78–79.

12. Kuskov Y.M., Gordan H.M., Boghaichuk I.L., Kaida T.V. Electroslag surfacing with discrete materials, various manufacturing methods. IEZ named after FOR. Patona. *Welding production*. 2015. P. 10.

13. Volkov A. E., Gokhman G. 3., Shalimov A. G. Melting and refining in superheated slag of non-compact materials. *Stal*. 1984. No. 7. С. 30–33.

14. Melikov V. V. Multi-electrode surfacing. M. : Mashinobudovannya, 1988. 140 p.

15. Voinov Z. R., Shalimov A. R., Kosoi L. F., Kalinnikov E. Z. Refining with synthetic slags. M. : Metallurgy. Kind. 2nd 1970. 464 p.

16. Lyuty I. Yu., Latash Yu. V. Electroslag smelting and refining of metals. Kyiv : Naukova dumka, 1982. 188 p.

Стаття надійшла до редакції 20 лютого 2023 року

УДК 677.4

Пелик Л. В.,

lpelyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3365-0312,

Researcher ID F-8017-2019,

д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Пелех Ю. А.,

annasofiya12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2818-9381,

Researcher ID: F-9432-2019,

к.т.н., доц., доцент кафедри підприємництва, торгівлі та логістики та готельно-ресторанної

справи, Хмельницький кооперативний торговельно-економічний інститут, м. Хмельницький

Шелько Д. Ю.,

diana96shelko@gmail.com,

здобувачка, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

ВПЛИВ НИТКИ ЕЛАСТАН НА ФОРМОСТІЙКІСТЬ ЗМІШАНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Властивості текстильних матеріалів беруться до уваги при виготовленні різних видів одягу, адже від них буде залежати, як виріб буде поводитися під час експлуатації. Швейні вироби, які мають складний силует або схильні до частоті експлуатації, повинні бути формостійкими. Сучасні текстильні матеріали орієнтовані на тканини з абсолютно різним волокнистим складом. Змішані текстильні матеріали характеризуються поліпшеними властивостями, що відповідають сьогоднішнім вимогам ринку. У статті охарактеризовано основні закономірності структурних характеристик текстильних матеріалів із використанням нитки еластан. Розглянуто критерії підвищення формостійкості змішаних текстильних матеріалів шляхом цілеспрямованого підбору у волокнистий склад нитки еластан. Проаналізовано властивості текстильних матеріалів побутового призначення, які мають велике значення при оцінці якості швейного одягу та визначають здатність зберігати форму, чинити опір деформаціям згину, а також визначати його формостійкість. Запропоновано методику проектування формостійкості тканин із використанням нитки еластан платтяно-костюмного призначення. Доведено та обґрунтовано доцільність застосування нитки еластан у змішаних текстильних матеріалах, що дозволяє надати цим тканинам високих ефектів незминальності та малоусадковості при одночасному збереженні їх формостійкості та зносостійкості. Встановлено, що нитки еластан докорінно змінюють у першу чергу функціональні властивості одягу, покращуючи, крім комфортності, такі принципово важливі показники, як драпірування, незминальність, зносостійкість. При цьому особливий вплив високоеластичні тканини чинять на формувальні здатності текстильних матеріалів, адже істотно змінюють їх деформаційні характеристики. Розвиток наукових основ волокнистого складу та будови змішаних тканин дозволив теоретично й експериментально підтвердити нову концепцію проектування структури з урахуванням їх споживних властивостей і умов експлуатації готових швейних виробів.

Ключові слова: нитка еластан, змішаний текстильний матеріал, формостійкість, зносостійкість.

Pelyk Lesya,

lpelyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3365-0312,

Researcher ID F-8017-2019,

Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Science, Customs Business and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Peleh Yulia,

annasofiya12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2818-9381,

Researcher ID F-9432-2019,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Entrepreneurship, Trade, Logistics and Hotel&Restaurant Business, Khmelnytskyi Cooperative Institute of Trade and Economics, Khmelnytskyi

Shelko Diana,

diana96shelko@gmail.com,

Postgraduate, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

THE EFFECT OF ELASTAN THREAD ON THE SHAPE RITENTION OF MIXED TEXTILE MATERIALS

Abstract. *The properties of textile materials are taken into account when manufacturing different types of clothing, because how the product will behave during the use will highly depend on them. Sewing products that have a complicated silhouette or are subject to frequent use must be resistant to shape changes. Modern textile materials are oriented on fabrics with a completely different fiber composition. Mixed textile materials are characterized by improved properties that meet today's market requirements. The article characterizes the main regularities of the structural characteristics of textile materials using elastane thread. The criteria for increasing the dimensional stability of mixed textile materials by purposeful selection of elastane threads in the fibrous composition are considered. The properties of textile materials for household purposes are analyzed, which are of great importance in assessing the quality of sewing clothes and determine the ability to retain shape, resist bending deformations, and also determine its shape stability. A technique for designing dimensional stability of fabrics using elastane thread for dress and costume purposes is proposed. The expediency of using elastane thread in mixed textile materials has been proven and substantiated, which allows to give these fabrics high effects of permanence and low shrinkage while simultaneously preserving their shape retention and wear resistance. It has been determined that elastane threads fundamentally change the functional properties of clothing, improving, in addition to comfort, such important indicators as draping, durability and wear resistance. At the same time, highly elastic fabrics have a special effect on the forming abilities of textile materials, because they significantly change their deformation characteristics. The development of the scientific foundations of the fibrous composition and structure of mixed fabrics made it possible to theoretically and experimentally confirm the new concept of structure design, taking into account consumer properties and wearing conditions of ready-made garments.*

Key words: elastane thread, mixed textile material, dimensional stability, wear resistance.

JEL Classification: L67

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-03

Постановка проблеми. Кожен текстильний матеріал, що використовується для пошиття одягу, має певні споживні властивості та структурні характеристики. Одні текстильні полотна відрізняються хорошими показниками незмінності, а інші не тягнуться, завдяки чому зберігають свій зовнішній вигляд. Ці властивості особливо беруться до уваги при виготовленні одягу, адже від них буде залежати, як виріб буде поводитися під час експлуатації. Швейні вироби, які мають складний силует або схильні до час-

тої експлуатації, повинні бути формостійкими. Сучасні текстильні матеріали орієнтовані на тканини з абсолютно різним волокнистим складом. Змішані текстильні матеріали характеризуються поліпшеними властивостями, що відповідають сьогоденним вимогам ринку.

Протягом кількох десятиліть еластичні тканини пережили ряд злетів і падінь, при цьому загальний обсяг їх виробництва був незначний, виключаючи різкий зліт бавовняних текстильних матеріалів із вмістом еластану, які застосовува-

лися для виробництва джинсу. На сьогоднішній день найбільшими постачальниками тканин з додаванням нитки еластану є США, Японія та Італія. Найбільшим гігантом із виробництва еластанових ниток є США, де виробляють відомий бренд під назвою «Спандекс». У різних частинах світу його називають по-іншому: поліуретан (Polyurethane), спандекс (Spandex) – у Канаді чи США, лайкра (Lycra), неолан (Neolan) – Японія, ворін (Vorin) – Італія.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової літератури, патентної інформації свідчить про використання нитки еластану у змішаних текстильних матеріалах для виготовлення швейних виробів [1]. При цьому використання тканин зі змішаних волокон підвищує довговічність виробів та покращує їхній зовнішній вигляд. Результати досліджень свідчать про те, що змішаний текстильний матеріал має підвищену міцність, достатню повітро- та паропроникність [2]. Проте введення нитки еластану у змішані тканини зумовить покращення формостійкості, від якого залежить зносостійкість тканини. Отже, актуальною проблемою є дослідження властивостей змішаних текстильних матеріалів із ниткою еластан, які характеризуються підвищеними властивостями формостійкості та зносостійкості.

Постановка завдання. Завдяки своїм споживним властивостям змішані тканини знайшли широке застосування в пошитті швейного одягу та інших домашніх текстильних виробів. Із них виготовляють побутовий одяг, спецодяг, водонепроникний і стійкий до забруднень, спортивний одяг. Змішані тканини характеризуються високою гігроскопічністю, вологоємністю, міцністю, біостійкістю [3]. Отже, метою статті є дослідження впливу нитки еластану на формостійкість текстильних матеріалів із змішаних волокон.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для еластичних тканин, крім ниток еластану, традиційно застосовувалися текстуровані нитки, зазвичай поліамідні, які іноді забезпечували необхідний результат у випадках низької еластичності. Однак нитки еластану змогли забезпечити переваги над текстурованими нитками. Наприклад, для отримання еластичної розтяжності на рівні 15–30% потрібен відносно низький вміст еластанових ниток: зазвичай 2–4%. У той же час для досягнення такої еластичності тканини необхідно додавати щонайменше 40% текстурованих ниток. Крім того, на відміну від текстурованих ниток, незначний вміст ниток еластану дозволяє

зберігати тактильні й візуальні відчуття основного волокнистого складу тканини.

Бавовняна габардинова тканина відчувається саме як бавовняна. Вовняна фланель також відчувається саме як вовняна. Щоб зберегти незмінними ці візуальні й тактильні характеристики при використанні еластанових волокон в якості одного з компонентів, його обмотують іншою пряжею або іншими волокнами з відповідними майбутньому виробу особливостями і характеристиками [4].

Саме за рахунок цього, наприклад, джинсова тканина (денім, бавовняна тканина саржевого переплетення), яка містить у своєму складі нитку еластан із обкруткою з бавовняних волокон, у розтягнутому стані візуально й органолептично цілком аналогічна звичайній тканині денім, і тільки в процесі носіння проявляються особливі властивості: підвищена комфортабельність і еластичність.

Нитка використовується лише в невеликих кількостях у комбінації з іншим типом або ж з іншими типами волокон, як натуральними, так і синтетичними. Нитки еластану додають до натуральних та хімічних тканин для покращення їх споживних властивостей. Частка нитки еластану до основної сировини може становити від 2 до 30%; чим вище відсоток, тим більша щільність текстильного матеріалу. Варто відзначити, що в природі не існує тканини, що складається на 100% з нитки еластану, вона завжди використовується як доповнення. При 5% нитки еластану текстильний матеріал має дивно м'яку структуру, приємний до тіла, дихає і дуже практичний.

Еластан – це популярне синтетичне волокно, яке складається на основі поліуретанових або еластомірних ниток, що нагадує властивості каучукової гуми. Еластан відмінно доповнює як натуральні, так і штучні матеріали, надає їм еластичність і допомагає зберігати форму. Досить додати лише кілька відсотків цих ниток і матеріал стає рухомих і гнучким, а вироби з нього мають прекрасну посадку. Істотним недоліком поліуретанових волокон є їх порівняно невисока термостійкість. При температурі 150°C вони жовтіють і піддаються термодеструкції, що вимагає суворого контролю за параметрами волого-теплого оброблення еластичних матеріалів.

Нитки еластану, що використовуються для ткацтва, повинні бути захищені від фізичних впливів, що реалізуються в цьому процесі, циклічних прискорень пряжі, пікових натягів, істотних фрикційних сил, які супроводжуються підвищен-

ням температури. У даний час застосовується ряд технологій, покликаних «сховати» нитку еластан всередині пряджі.

Є також і інші технічні аспекти, що зумовлюють необхідність обкрутки нитки еластан іншими волокнами або пряжею. Так, наприклад, деякі технології вироблення тканин або трикотажу абсолютно не можуть використовувати високоеластичну пряжу. В цих випадках нитка еластан, вкрита оболонкою з інших волокон (обкручена іншою пряжею), тимчасово стабілізується, наближаючись за своїми фізико-механічними характеристиками до звичайної, нееластичної пряджі [5]. Це дозволяє повністю зберігати характеристики еластичності в пряджі з цією ниткою у ході здійснення процесів оброблення і фарбування.

Існують наступні технології вироблення пряджі з оболонкою: одношарове або двошарове обкручування, кільцепрядіння з сердечником, інтерлейсинг (пневмопереплутана, пневмоз'єднана).

Розтягнута нитка еластан обкручується зазвичай нееластичною філаментною ниткою. Для забезпечення максимальної якості подібної обкрученої пряджі застосовують повторне крутіння в напрямку, протилежному напрямку крутіння першого шару (тобто, наприклад, перший шар – крутіння S, другий шар – крутіння Z) [6]. Обкрутка пряджі другим шаром насамперед ліквідує тенденцію до розкручування обплетення першого шару.

Вкрита оболонкою, обкручена в один або два шари, нитка еластан використовується в широкому спектрі тканих виробів. Так, пряжа з високою лінійною щільністю застосовується у тканинах для штанів, спортивного одягу, уніформи, тонша пряжа – в більш легких одягових тканинах.

Нееластична багатоволоконна (мультифіламентна) пряжа подається через пневмопристрої спільно з ниткою еластан, яка знаходиться в цей момент у розтягнутому стані. Під впливом потоку стислого повітря утворюються ділянки взаємопереплутування (взаємозачеплення) нитки еластан із філаментною ниткою. Отримана пневмопереплутана пряжа, специфічна за своєю структурою, є надзвичайно потрібною для цілої групи тканин, де м'яка й еластична пряжа повинна володіти певною рухливістю.

Останнім часом у швейній промисловості знайшли широке застосування біластичні матеріали, що містять у своєму складі волокна лайкри і дорластану, що надають виробам більшу свободу рухів. Тканини з еластичними нитками одночасно і еластичні, і формостійкі. Такі тканини, як габардин, саржа й оксамит, можуть роз-

тягуватися як у поперечному або в поздовжньому напрямках, так і в обох напрямках відразу.

Тканини, що розтягуються в поперечному напрямку, добре підходять для облягаючих жакетів, спідниць, штанів і суконь. Для штанів-рейтузів і штанів для верхової їзди більше придатні тканини, які розтягуються в поздовжньому напрямку. Ідеальними, звичайно, є біластичні тканини, що розтягуються в обох напрямках [7].

Провідні світові виробники одягу, такі як Giorgio Armani, Max Mara, Boss, Escada, у багатьох своїх модних колекціях використовують еластичні тканини, що зараз відрізняються від попередніх значно більшим різноманіттям за зовнішнім виглядом і властивостями. Завдяки поєднанню натуральних і хімічних волокон створюється основа для еластичних текстильних матеріалів, придатних для виготовлення комфортного одягу, які користуються попитом у споживачів.

Щоб отримати бездоганний готовий виріб, матеріал піддають розбракуванню і для нього визначають показник подовження і стабільність розмірів. Обов'язковою умовою отримання хорошої посадки моделей є сепаратний розкрій будь-якого еластичного текстильного матеріалу. При цьому в технічних рекомендаціях на нитку еластан вказується про необхідність зміни системи градування [8].

Що стосується властивостей і методів випробувань еластичних текстильних матеріалів, то на сьогоднішній день існують лише нормативні документи, що застосовуються до обмеженого асортименту трикотажних полотен [9]. Тому необхідне розроблення методів визначення властивостей тканих еластичних полотен і об'єктивне дослідження їх властивостей.

Нами була поставлена задача – створення платтяно-костюмною тканини, що надає можливість прискореного пошиття жіночого одягу, шляхом позбавлення від операції викройки, отримання виробів із високою зносостійкістю та формостійкістю, шляхом зменшення деформації виробів при користуванні, за рахунок введення у тканину фрагментів із заздалегідь розрахованою кількістю та послідовністю розташування еластичних ниток у цих фрагментах.

Платтяно-костюмна тканина для пошиття жіночого одягу містить основні нееластичні нитки, з'єднані системою поперечних утокових еластичних та нееластичних ниток. Кількість еластичних ниток, вкладених у рапорт тканини при заздалегідь заданій її ширині, дорівнює 200-300, а розподіл еластичних ниток здійснено

несиметрично по ширині тканин із можливістю утворення щонайменше трьох умовних фрагментів, перший крайній із яких дорівнює 10–12 см, місткістю 150...160 еластичних ниток у ньому, фрагмент із другого краю рапорту дорівнює 25–30 см та не містить еластичних ниток, а середній фрагмент між крайніми фрагментами містить еластичні нитки, які розподілені з рівномірним зменшенням їх кількості через кожні 8–10 см ширини тканини, при загальній ширині тканини 100 см.

Крім того, для пошиття суконь або сарафанів у верхній частині середнього фрагмента передбачено додатковий фрагмент 10–15 см, який містить підвищену кількість еластичних ниток до 100 штук у цьому фрагменті, при рівномірному розподілі еластичних ниток у цьому фрагменті та загальній ширині тканини 130–150 см.

Створення платтяно-костюмної тканини для пошиття жіночого одягу реалізується таким чином. Для основи тканини, з якої виготовляють заготовки, вибирають нееластичні нитки, а для утку – суміш еластичних та нееластичних ниток із розрахованою їх кількістю. Переплетення ниток у заготовці – комбіноване. Так, для виготовлення спідниць загальна кількість еластичних ниток – 180, при цьому по ширині з одного краю одного з умовних фрагментів платтяно-костюмної тканини кількість еластичних ниток на 10 см заготовки дорівнює 153, а льоно-поліестерово-бавовняних ниток – 27. У середньому умовному фрагменті ширини платтяно-костюмної тканини кількість еластичних ниток поступово знижують, а відповідно кількість нееластичних ниток збільшують. У третьому умовному фрагменті даної тканини еластичні нитки відсутні, а тому від одного краю до іншого краю ширина рапорту тканини збільшується.

Завдяки можливості комбінації переплетення можна отримувати заготовки на замовлення будь-яких потрібних розмірів майбутніх швейних виробів (спідниць, сарафанів, суконь). Нееластичні нитки за основою та утком можна використовувати з різноманітної за складом сировини та лінійної щільності. Нитки за основою при виготовленні платтяно-костюмної тканини складають по дві в зуб берда ткацького верстата.

Так, наприклад, для спідниць при рапорті тканини 1 м та обраного типу еластичної нитки загальна кількість ниток в основі – 2976, кількість ниток за утком – 180. При такому розподіленні (за умовою візерункового та полотняного переплетення):

15 см – 153 нитки з еластаном + 27 нееластичних ниток,

20 см – 130 ниток з еластаном + 50 нееластичних ниток,

20 см – 100 ниток з еластаном + 80 нееластичних ниток,

15 см – 60 ниток з еластаном + 120 нееластичних ниток,

10 см – 30 ниток з еластаном + 150 нееластичних ниток,

20 см – 180 нееластичних ниток.

Прикладом платтяно-костюмної тканини для виготовлення сукні чи сарафана слугує тканина заготовка, загальна довжина рапорту якої дорівнює 1,5 м, при такому розподіленні еластичних та нееластичних ниток:

20 см – 50 ниток з еластаном + 130 нееластичних ниток,

20 см – 70 ниток з еластаном + 110 нееластичних ниток,

15 см – 100 ниток з еластаном + 80 нееластичних ниток,

20 см – 70 ниток з еластаном + 110 нееластичних ниток,

30 см – 30 ниток з еластаном + 150 нееластичних ниток,

25 см – 10 ниток з еластаном + 170 нееластичних ниток,

20 см – 180 нееластичних ниток.

Таким чином, платтяно-костюмні тканини для пошиття жіночого одягу можна виготовляти комбінованою еластичних та нееластичних ниток під замовлення, отримуючи різномірні вироби, яким притаманні властивості формостійкості, об'ємності та запобігання зворотному деформуванню [10].

Головна перевага текстильних матеріалів із використанням нитки еластану – це відмінна розтяжність (нитки розтягуються в 6–8 разів) і еластичність (повернення в початкове положення), повітропроникність (комфорт для тіла), зносостійкість (зростає до 2 разів), стійкість до прання і світлопогоди (допомагає зберегти колір при пранні і сушінні), зручність та формостійкість (одяг майже не мнеться і тримає форму) [11].

Швидке зростання виробництва еластичних тканин – це прогноз на найближчі роки. Нормою для тканин є формостійкість та еластичність, здатність зберігати її довгий час, а також стабільність розмірів і незмиральність. Спостерігається тенденція відходу від «універсальних» ниток еластан, які могли б використовуватися для всіх матеріалів (трикотаж, тканини і т. д.), до спеціальних

типів, спроектованих для задоволення конкретних вимог даного виду текстильних матеріалів.

Минулі роки продемонстрували постійний рух від традиційних текстильних матеріалів до більш легких еластичних полотен. Серед наступних завдань – подальший розвиток нових структур еластичних полотен, у тому числі і різних поверхневих ефектів, більш комфортного одягу, для якого облягання і почуття зручності не будуть взаємовиключними поняттями.

Отже, нитки еластан докорінно змінюють у першу чергу функціональні властивості одягу, покращуючи, крім комфортності, такі принципово важливі показники, як драпірування, незминальність (більш ніж на порядок). При цьому особливий вплив еластичні тканини чинять на формостійкість текстильних матеріалів, адже істотно змінюють їх деформаційні характеристики.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Розвиток наукових основ волокнистого складу та будови змішаних тканин дозволив теоретично й експериментально підтвердити нову концепцію проектування структури з урахуванням їх споживних властивостей і умов експлуатації готових швейних виробів. Особливістю концепції є те, що при проектуванні враховуються нові види високоеластичних ниток. Це дозволяє виготовити високорозтяжні платтяно-костюмні тканини з підвищеною формостійкістю, дослідження яких спрямовані на підвищення зносостійкості та покращення естетичних властивостей. Встановлено, що нитки еластан докорінно змінюють у першу чергу функціональні властивості одягу, покращуючи, крім комфортності, такі принципово важливі показники, як драпірування, незминальність, зносостійкість. При цьому особливий вплив високоеластичні тканини чинять на формувальні здатності текстильних матеріалів, адже істотно змінюють їх деформаційні характеристики.

Запропонована методика проектування формостійкості тканин платтяно-костюмного призначення свідчить про доцільність збалансованого поєднання формостійкості та експлуатаційних властивостей текстильних матеріалів, що досягається шляхом застосування змішаних тканин із ниткою еластан.

ЛІТЕРАТУРА

1. Товарознавство. Непродовольчі товари: одягово-взуттєві вироби : навчально-наочний посібник / Полікарпов І. С., Семак Б. Д., Галик І. С. та ін. Видавництво «Магнолія», 2019. 264 с.

2. Пелик Л. В., Остапчук О. В., Пелех Ю. А. Дослідження структурних та механічних властивостей змішаних тканин для спецодягу типу “Ripstop”. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 5. С. 185–188.

3. Lesya V. Pelyk, Volodymyr O. Vasylechko, Olena V. Kyrychenko Influence of biodestructors on wear resistance of polyester geotextile materials. *Colloids and Interfaces*. 2019. Vol. 3(1), 21.

4. Кириченко О. В., Пелик Л. В. Екоефективність текстильного виробництва. Економічний, організаційний та правовий механізм підтримки і розвитку підприємництва : колективна монографія / за ред. О. В. Калашник, Х. З. Махмудова, І. О. Яснолюб. П. : Видавництво ПП «Астрая», 2019. 371 с. С. 259–265.

5. Особливості 3D моделювання структури трикотажу у максимально розтягнутому стані / Т. В. Єліна, Л. Є. Галавська, Д. Мікучіонене та ін. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки*. 2020. № 5. С. 31–45.

6. Пелик Л. В. Матеріалознавство та основи технологій виробництва товарів : навчально-наочний посібник. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. 100 с.

7. Розробка трикотажних полотен для виготовлення функціональної нижньої білизни військовослужбовців / Л. Є. Галавська, Т. В. Єліна, А. С. Прохоровський та ін. *Індустрія моди*. 2021. № 2. С. 26–33.

8. Слізков А. М. Основи технологічної експертизи текстильних матеріалів : навч. посіб. Київ : КНУТД, 2019. 232 с.

9. Юрко К. П., Слізков А. М. Аналіз розвитку національного законодавчого регулювання експертних досліджень текстильних матеріалів на сучасному етапі. *Технології та дизайн*. 2021. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2021_1_8.

10. Пелик Л. В., Пелех Ю. А. Вплив жорсткості та незминальності на оцінювання зносостійкості текстильних матеріалів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. № 5. С. 213–216.

11. Пелик Л. В., Шелька Д. Ю., Сокальська А. А. Дослідження зносостійкості льоновомісних текстильних матеріалів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету*. 2020. Випуск 23. С. 5–10.

REFERENCES

1. Товарознавство. Nепродовольчі товари: одягово-взуттєві вироби : навчально-наочний посібник / Polikarpov I. S., Semak B. D., Halyk I. S. ta in. (2019), Vydavnytstvo “Mahnoliia”, 264 s.

2. Pelyk, L. V. Ostapchuk, O. V. and Pelekh, Yu. A. (2022), Doslidzhennia strukturykh ta mekhanichnykh vlastyvostej zmishanykh tkanyn dlia spetsodiahu

typu “Ripstop”, *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*, № 5, s. 185–188.

3. Lesya V. Pelyk, Volodymyr O. Vasylechko and Olena V. Kyrychenko (2019), Influence of biodestructors on wear resistance of polyester geotextile materials, *Colloids and Interfaces*, vol. 3(1), 21.

4. Kyrychenko, O. V. and Pelyk, L. V. (2019), Ekoeffektyvnist' tekstyl'noho vyrobnytstva. Ekonomichnyj, orhanizatsijnyj ta pravovyj mekhanizm pidtrymky i rozvytku pidpriemnytstva : kolektyvna monohrafiia / za red. O. V. Kalashnyk, Kh. Z. Makhmudova, I. O. Yasnoliub, Vydavnytstvo PP “Astraiia”, P., 371 s., s. 259–265.

5. Osoblyvosti 3D modeliuвання структури trykotazhu u maksimal'no roztrahnutomu stani / T. V. Yelina, L. Ye. Halavs'ka, D. Mikuchionene ta in. (2020), *Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohij ta dyzajnu. Seriia : Tekhnichni nauky*, № 5, s. 31–45.

6. Pelyk, L. V. (2022), Materialoznavstvo ta osnovy tekhnolohij vyrobnytstva tovariv : navchal'no-naochnyj posibnyk, Vydavnytstvo L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu, L'viv, 100 s.

7. Rozrobka trykotazhnykh poloten dlia vyhotovlennia funktsional'noi nyzhn'oi bilyzny vijs'kovosluzhbovtiv / L. Ye. Halavs'ka, T. V. Yelina, A. S. Prokhorovs'kyj ta in. (2021), *Industriia mody*, № 2, s. 26–33.

8. Slizkov, A. M. (2019), Osnovy tekhnolohichnoi ekspertyzy tekstyl'nykh materialiv : navch. posib., KNUVD, Kyiv, 232 s.

9. Yurko, K. P. and Slizkov, A. M. (2021), Analiz rozvytku natsional'noho zakonodavchoho rehuliuвання ekspertnykh doslidzhen' tekstyl'nykh materialiv na suchasnomu etapi, *Tekhnolohii ta dyzajn*, № 1, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2021_1_8.

10. Pelyk, L. V. and Pelekh, Yu. A. (2021), Vplyv zhorstkosti ta nezmynal'nosti na otsiniuvannia znosostijkosti tekstyl'nykh materialiv, *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*, № 5, s. 213–216.

11. Pelyk, L. V., Shel'ka, D. Yu. and Sokal's'ka, A. A. (2020), Doslidzhennia znosostijkosti l'onovmisnykh tekstyl'nykh materialiv, *Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu*, vypusk 23, s. 5–10.

Стаття надійшла до редакції 18 лютого 2023 року

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.11: 338.4:006.015.8

Березовський Ю. В.,

berezov.sky.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9645-2743,

Researcher ID rid20761,

д.т.н., доц., професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

Бойко Г. А.,

galina_boyko_86@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8773-5525,

Researcher ID ABA-6427-2020

к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

Краглик В. С.,

vkraglik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3288-3608,

аспірант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ ПЕРЕРОБКИ КОНОПЕЛЬ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Анотація. Стаття містить теоретичні та експериментальні дослідження в сфері переробки конопель. Для виробництва вітчизняної продукції легкої промисловості використовують як сировину з України хімічні волокна, льон, коноплі, шкіру, хутро, вовну, із закордону бавовну, текстиль, льон, коноплі, вовну. Найбільше товарів Україна експортує до Німеччини, Франції, Польщі. Співпраця із закордонними замовниками сприяє не тільки збереженню підприємств легкої промисловості та закріпленню їх на ринку, але й долученню до провідних світових технологій, а також проведенню модернізації обладнання. На даний час більшість підприємств легкої галузі за рівнем оснащеності не відповідають високим європейським стандартам. Метою роботи є вирішення питань підвищення ефективності обробки стеблового матеріалу конопель та пошук шляхів покращення стану вітчизняного переробного сектору легкої промисловості. Розвиток українського переробного сектору легкої промисловості стримують нерівні умови конкуренції на внутрішньому ринку, технічна й технологічна відсталість виробничих потужностей, нестабільність податкового законодавства, застарілий механізм контролю безпеки продукції, а також висока залежність від імпортової сировини, матеріалів і комплектуючих, низька цінова конкурентоспроможність продукції. У статті розглянуто фактори погіршення кількості та якості натурального волокна, що пов'язані з ускладненням стану переробної галузі легкої промисловості, технічними і технологічними особливостями обробки стебел конопель. У статті на основі наукових досліджень проаналізовано механічні способи переробки стебел конопель, які базуються на використанні основних механічних впливів на оброблюваний матеріал за мало-руйнівною дією проминання сировини та максимальної ефективності проходження тіпання. Для підвищення ефективності процесів обробки лубоволокнистого матеріалу розроблено інноваційний спосіб переробки луб'яної сировини. Розроблений спосіб отримання однотипного волокна з луб'яних культур надає можливість переробляти стебла конопель та дозволяє розширити асортимент продукції різного функціонального призначення.

Ключові слова: переробка, волокно, коноплі, сировина, стебло, якість.

Berezovsky Yu. V.,

berezov.sky.ua@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9645-2743,

Researcher ID rid20761,

Doctor of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Standardization and Certification,

Kherson National Technical University, Kherson

Boyko G. A.,

galina_boyko_86@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8773-5525,

Researcher ID ABA-6427-2020,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Merchandising, Standardization and Certification,

Kherson National Technical University, Kherson

Kraglik V. S.,

vkraglik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3288-3608,

Postgraduate Student of the Department of Commodity Science, Standardization and Certification, Kherson

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COMPONENT OF HEMP PROCESSING IN LIGHT INDUSTRY

Abstract. *The article contains theoretical and experimental researches in the field of the hemp processing. For the production of domestic products of light industry, both raw materials from Ukraine (chemical fibers, flax, hemp, leather, fur, wool) and imported (cotton, textiles, flax, hemp, wool) are used. Most of all Ukraine exports to the Germany, France and Poland. Cooperation with foreign customers encourages not only preservation of light industry enterprises and their stabilization at the market, but also familiarizing with world technologies as well as updating of equipment. Currently the bulk of enterprises in the light industry do not meet high European standards in terms of equipment. The aim of the work is to solve the problems of ameliorating the efficiency of hemp stem material processing and to find ways to improve the state of the domestic processing sector of light industry. The development of the Ukrainian processing sector of light industry is restrained by unequal competition conditions in the domestic market, technical and technological backwardness of production facilities, the instability of tax legislation, an outdated product safety control mechanism and also a high dependence on imported raw materials, materials and components, low price competitiveness of products. In the article factors worsening of the quantitative and qualitative characteristics of natural fiber, what are related with deterioration of processing sphere of the light industry, technical and technological features of hemp stem processing are considered. In the manuscript based on the conducted science researches mechanical methods of hemp stem processing, which are based on the using of the main mechanical effects on the processed material with a low-destructive action of passing through the raw material and the maximum efficiency of passing through stamping, are analyzed. In order to increase the efficiency of the processes of treatment of fibrous material, a innovative method of processing of bast raw material has been developed. The method of obtaining monotypic fiber from bast crops has been developed, which makes it possible to process of hemp stems and allows expanding the range of production of various functional purposes.*

Key words: processing, fiber, hemp, raw material, stem, quality.

JEL Classification: O 13, Q 16, Q 21

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-04

Постановка проблеми. На сьогоднішній день на кризовий стан української промисловості впливає російська агресія, падіння виробництва, дефіцит вільного капіталу, значний фізичний і моральний знос промислового обладнання, нестача сировинного ресурсу. Вітчизняна легка промисловість має подібний стан, що відображається в загальному спадному тренді виробництва.

В Україні працює понад 2,5 тис. підприємств у текстильній промисловості, виробництві одягу, шкіри та взуття, з яких лише 12% – середні підприємства, 25% – малі, решта понад 60% – мікропідприємства. Обсяги виробництва легкої промисловості за 2020 р., що показано на рис. 1, скоротилися на 6,1%, а експорту – на 9,0% проти відповідного періоду 2019 р. І це після віднов-

лення у надзвичайно складних умовах позитивного тренду як виробництва: (2016 р. – 102,2%, 2017 р. – 107,2%, 2018 р. – 97,8%, 2019 р. – 92,5%, 2020 р. – 93,9%), так і експорту (2016 р. – 107%, 2017 р. – 113,3%, 2018 р. – 111,8%, 2019 р. – 97,7%, 2020 р. – 91,0%) [1–2]. Вітчизняна легка індустрія вимушена працювати у нерівних умовах конкуренції на внутрішньому ринку через контрабанду, засилля азійського імпорту та «секонд-хенду», заниження митної вартості готових товарів, можливості реалізації галузевих товарів без обліку і контролю, низької технічної та технологічної культури виробництва, росту цін на паливо-мастильні матеріали та нестачі сировинних ресурсів тощо [3].

Натомість, за останній час імпорт галузевої продукції динамічно зростає, окрім 2020 року. За 2018 р. імпорт зріс на 17,9% і досяг 2,66 млрд. дол. США до 2017 р., а за 2019 р. – ще на 14,1% проти

2018 р. Лише за 2020 р. відбувся спад імпорту через поширення пандемії Covid у всьому світі [1–2]. Вплив Covid на виробництво продукції легкої промисловості показано на рис. 2.

При цьому у 2018 році економіка показала агресивну динаміку зростання імпорту саме готових виробів: одяг трикотажний – 140,2% (у т. ч. блузки жіночі – 207,5%, дитячий одяг трикотажний – 184,9%), одяг текстильний – 128,9% (у т. ч. сорочки чоловічі – 161,5%, білизна жіноча і чоловіча – 295% і 171% відповідно, костюми спортивні – 174,1%), білизна постільна, кухонна – 143,1%, ковдри і пледи – 137,4%, готові вироби зі шкіри – 122,7%, взуття – 136,5% (у т. ч. шкіряне взуття – 150,4%, інше взуття – 605%) [1–2].

Нестача сировинних ресурсів, що викликана зниженням кількості посівних площ вітчизняних технічних культур, руйнуванням промислових потужностей, фізичним та моральним зносом про-



Рис. 1. Динаміка макроекономічних показників легкої промисловості в Україні за 2015–2020 рр.

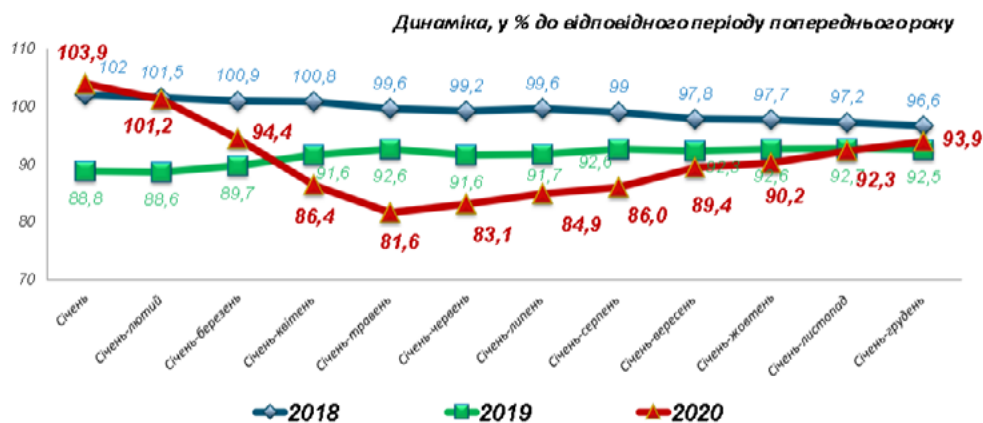


Рис. 2. Вплив Covid на виробництво продукції легкої промисловості за 2018–2020 рр.

мислового устаткування, малою зацікавленістю держави, зростанням цін на енергетичні ресурси та митні перепони, не дозволяє наростити обсяги виробництва вітчизняної легкої промисловості.

Луб'яні рослини, як технічні культури, в Україні представлені різними вітчизняними сортами льону та конопель. Вони є високопродуктивними, добре апробовані, пристосовані до кліматичних умов територій, на яких вирощуються. Тому з постійним зростанням попиту споживачів на екологічно чисту волокнисту продукцію існує необхідність вирішення питань створення умов переробки вітчизняної лубоволокнистої сировини, розробки високопродуктивної техніки й технології, що нададуть можливість забезпечити всі потреби вітчизняної легкої промисловості, створять умови для нарощування експорту та зменшення імпорту мало-якісних товарів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових працях вчених [4–7] піднімалися питання забезпечення виробників вітчизняною волокнистою сировиною, зростанням якісних та кількісних показників продукції переробної галузі легкої промисловості, розширення можливостей виробництва за рахунок проведення технічної модернізації обладнання, розвитку технологій поглибленої переробки технічних культур та розробки сучасного продуктивного технологічного спорядження та основи застосування інноваційних рішень.

Авторами [4; 6–7] робиться акцент на необхідності пошуку рішень підвищення якості й кількості волокнистої продукції з льону та конопель, впровадження сучасних інноваційних розробок у коноплярстві й льонарстві, проведення глибокої переробки лубоволокнистого матеріалу, розроблення універсальних способів переробки різних видів луб'яних рослин та розширення напрямків використання їх складових частин в різних галузях промисловості, що покращить показники економічної ефективності обробки даних технічних культур.

Постановка завдання. Метою статті є пошук і розробка способів і механізмів зростання ефективності техніко-технологічного переробного обладнання вітчизняних луб'яних культур, розв'язання технічних проблем механічної обробки стебел конопель через застосування високопродуктивних конструкцій пристроїв та вузлів з обробки стеблового матеріалу з метою покращення якісних і кількісних показників волокнистої продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Льон і коноплі є одними з основних технічних сільськогосподарських культур України, з яких одержують волокно, насіння і кострицю, які являються основою для створення багатьох видів продукції різних галузей народного господарства [4; 7–8].

Технічну коноплю вважають культурою XXI століття, так ще у 1916 році Мінсільгосп США визнав її найбільш рентабельною сільськогосподарською рослиною. На сьогодні за даними наведеного міністерства з коноплі можна зробити понад 25 тисяч найменувань різної продукції, починаючи від текстилю і закінчуючи біодобавками, порохом, матеріалами для автомобілів і літаків. Ще в 50-роках XX століття, використовуючи дану технічну культуру, економіка США заробила один мільярд доларів. Біля 5/6 частин світового виробництва технічної коноплі, відповідно і отриманих коштів, раніше припадало на країни занепаłego СРСР. До 1991 року коноплі вирощувалися на 680 тис. га, існувало близько 150 заводів первинної переробки конопель. В УРСР сіяли щорічно до 120 тис. гектарів конопель, на її території працювало понад 30 заводів з її переробки, щоб отримати волокно, олію, борошно, кострицю. З 90-х років XX століття національний Інститут луб'яних культур у Глухові на Сумщині вивів значну кількість нових сортів технічних конопель, які не містять наркотичних речовин, отримали всебічне світове визнання [9–11].

Агробізнес у всьому світі цікавиться коноплями, йде поступове поширення цієї рослини. У Європі в 2020 році вирощували понад 42 тис. гектарів цієї культури. У Канаді щороку засівають більше ніж 40 тис. га., офіційно дозволено вирощувати невибагливі до природних умов коноплі. Китай планує сіяти коноплі майже на 650 тис. гектарів, бо ця держава ухвалила рішення замінити нею бавовну. У США ввели в дію правила, що допускають федеральну легалізацію рослин канабісу і промислових конопель, поживляється легальне коноплярство та ввівся в дію великий промисловий завод «Немп», на якому відбувається промислова переробка: конопляне волокно йде на виробництво текстильних матеріалів [10].

В Україні поки прогнозують вирощувати коноплі на 4,5 тис. га. Нещодавно вітчизняна компанія «ТОВ «Хемптехно» створила обладнання для первинної переробки трести конопель. Лінія дозволяє переробляти сировину різної якості, від соломи до трести, з хаотичним розташуванням їх у шарі сировини як у рулонах, так і в тюках. На вироб-

ництво прийматимуть сировину з фермерських господарств, які мають ліцензію на вирощування конопель. Розрахункова продуктивність за переробною вхідною сировиною складає до 1 т/год. при потужності електрообладнання без системи аспірації пилу – 35 кВт. Волокно і костриця, одержані за цією технологією, знаходять застосування у різних сферах промисловості [12].

Отже, як зазначено вище, ведуться відповідні дослідження з розробки сучасного обладнання з переробки технічних конопель, але поки ще не отримано універсальних ефективних результатів, щодо промислового застосування пристроїв обробки луб'яних культур з наданням рекомендацій подальшого використання обробленого матеріалу.

В Херсонському національному технічному університеті було розроблено ряд інноваційних розробок, які надають можливість переробній галузі легкої промисловості проводити глибоку переробку луб'яних культур. Конструкційні зміни, які лежать в основі технічних розробок обробного обладнання та запропонованого способу переробки луб'яних культур дозволяють істотно покращити ефективність обробки матеріалу, підвищити технологічну культуру отримання готових продуктів та розширити область їх застосування. Для підвищення ефективності відокремлення деревини стеблової частини від волокна було розроблено пристрої й вузлові елементи агрегату з переробки лубоволокнистих рослин та запропоновано інноваційний спосіб переробки луб'яних культур. Згідно запропонованого способу при здійсненні переробки шару конопляних стебел без розподілу волокна на довге та коротке застосовуються основні технологічні процеси переробки – м'яття, тіпання, трясіння. Застосування запропонованих конструкторсько-технологічних рішень дозволяє оптимізувати процеси обробки стебел конопель, забезпечені високим ступенем диференціації робочих органів машин, які ефективно впливають на процес відділення деревини від волокна завдяки поєднанню механічних дій м'яття зі сковзанням, тіпання з чесанням і трясіння з вібрацією [13–16].

Для підтвердження ефективності запропонованих нововведень було проведено апробацію на виробничих підприємствах північно-західної частини України. У процесі переробки луб'яної сировини здійснювався ретельний контроль за процесом механічної обробки стеблового матеріалу конопель сорту ЮСО-31 шляхом відбору проб сирцю та інструментального визначення

показників відокремлюваності волокнистого шару від деревини, розривного навантаження, виходу волокна, гранично допустимого вмісту костриці та сміттєвих домішок.

Ефективність проведення переробки конопляної трести на запропонованому інноваційному устаткуванні визначалася перевіркою відповідності якісних фізико-механічних характеристик волокнистого матеріалу вимогам, зазначених у нормативно-технічній документації.

У результаті апріорного дослідження технологічного процесу переробки стебел конопель встановлено, що найбільш значимими факторами для м'яття є питомий тиск у парі м'яльних вальців, вологість сировини, ступінь вилежування трести, а для тіпання – частота обертання тіпального барабана, величина розведення між бильними планками і решіткою, величина розведення між тіпальним ножом і бильною планкою.

Згідно регресійного аналізу механічної переробки луб'яних культур було визначено рівні та інтервали варіювання факторів впливу на обробку конопляної трести в різних частинах розробленого переробного устаткування, завдяки чому було математично описано та визначено параметри оптимізації технологічних процесів м'яття та тіпання за всіма переходами механічної обробки стеблового матеріалу.

У результаті обробки одержаних експериментальних даних із застосуванням програмного пакету «MathCAD 15» було отримано регресійну модель зміни вмісту костриці y_1 трести конопель сорту ЮСО-31 під час механічної обробки запропонованого устаткування.

$$y_1 = 2,465 - 0,143x_1 + 0,063x_2 - 0,085x_3 + 0,184x_1^2 + 0,217x_2^2 + 0,225x_3^2, \quad (1)$$

де x_1 – частота обертання тіпального барабана, xv^{-1} ;

x_2 – величина розведення між тіпальним барабаном і решіткою тіпального вузла, мм;

x_3 – величина розведення між тіпальним ножом і бильною планкою тіпального барабана, мм.

Низький вміст сторонніх домішок в отриманому конопляному волокні 2,47% і його розривне навантаження 24,09 даН після повної механічної обробки стебел конопель відповідають вимогам нормативної документації щодо застосування волокнистого продукту при виготовленні різних видів продукції, що дозволяє за наведеними характеристиками використовувати його навіть при виробництві текстильної, целюлозно-паперової та фармацевтичної продукції.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Враховуючи нинішнє загострення впливу зовнішніх факторів на розвиток економіки України, особливо воєнна агресія, поширення пандемії Covid, ріст цін на паливно-енергетичні ресурси, а також внутрішніх чинників, таких як тривалі блекаути, порушення логістики, втрата кваліфікованого персоналу, нестача високопродуктивного устаткування в умовах обмежених сировинних ресурсів, вітчизняній легкій промисловості необхідно задіяти внутрішні резерви, якими є луб'яні культури.

Представлена інноваційна технологія механічної обробки конопель на основі розроблених вузлових елементів м'яльної і тіпальної частин переробного обладнання луб'яної сировини дозволяє отримати однотипне волокно з низьким вмістом костриці та інших сторонніх домішок при загальному зменшенні енергетичних й матеріальних витрат відповідно до 10, 25% шляхом оптимізації виробничих техніко-технологічних процесів. Даний підхід дозволяє підвищити економічну складову коноплярства, а значить і збільшити привабливість для бізнесу переробної галузі легкої промисловості. За таких умов коноплі можуть знову дійсно стати однією з основних стратегічних технічних культур для України, що дозволить збільшити економічну безпеку держави та створити нові робочі міста.

Враховуючи отримані результати досліджень, надалі необхідно продовжити пошук напрямків раціонального використання складових конопель у різних сферах народного господарства.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Асоціація «Укрлепром» взяла участь в засіданні комітету Верховної Ради України з питань економічного розвитку. URL: <https://ukrlegprom.org/ua/news/asotsiatsiia-ukrlehprom-vziala-uchast-v-zasidanni-komitetu-verkhovnoi-rady-ukrainy-z-pytan-ekonomichnoho-rozvytku/>.

2. Динаміка відновлення індустрії у цифрах 2021 року. URL: <https://ukrlegprom.org/ua/news/dynamika-vidnovlennya-industriyi-u-czyfrakh-2021-roku/>.

3. Is it possible to make money in the Ukrainian light industry. URL: <https://en.thepage.ua/economy/is-it-possible-to-make-money-in-the-ukrainian-light-industry/>.

4. Гілязетдінов Р. Н. Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01. Херсон, 2009. 329 с.

5. Dudarev, I., Say, V. (2020). Development of resource-saving technology of linseed harvesting. *Journal of Natural Fibers*, V. 17 (9), P. 1307–1316.

6. Резвих, Н.І. Удосконалення технології обробки стебел безнаркотичних конопель : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Херсон, 2010. 169 с.

7. Ляліна Н.П. Розвиток наукових основ первинної переробки стебел ненаркотичних конопель для отримання волокон різного функціонального призначення : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.02. Херсон, 2015. 335 с.

8. Де є коноплі в Україні? URL: <https://ukrainer.net/konopli/>.

9. Бізнес на коноплях: від заборони до передової галузі. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3173980-biznes-na-konoplah-vid-zaboroni-do-peredovoi-galuzi.html>.

10. Вирощування технічних конопель: ніша для тих, хто хоче отримати прибуток. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/20945-vyroshchuvannia-tekhnichnykh-konopel-nisha-dliatykh-khto-khoche-otrymaty-prybutok.html>.

11. Бізнес на технічних коноплях: можливості, вартість та практичний досвід. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/biznes-na-tehnicnih-konoplah-mozlivosti-varti-ta-prakticnij-dosvid>.

12. В Україні запрацює промислова лінія з переробки конопель. URL: <https://agronews.ua/news/v-ukraini-zapratsiuie-promyslova-liniia-z-pererobky-konopel/>.

13. Berezovsky, Y., Kuzmina, T., Mazievich, T. (2020), Influence of the eco-brand of oil flax on the development of production of safe products. *Scientific Horizons*, 23(12), 65–73.

14. Патент України № 113090. Березовський Ю. В. Спосіб одержання однотипного волокна з лубоволокнистих культур і пристрій для його здійснення.

15. Berezovsky, Yu.V. (2017). Technical solution for processing of flax raw materials. *Science and innovation*, V. 13 (3). P. 23–33.

16. Berezovsky, Yu.V. (2018). Technical solution for scutching the raw bast material. *Science and innovation*. V. 14 (1), P. 24–35.

REFERENCES:

1. Asotsiatsiia «Ukrlehprom» vziala uchast v zasedanni komitetu Verkhovnoi Rady Ukrainy z pytan ekonomichnoho rozvytku. URL: <https://ukrlegprom.org/ua/news/asotsiatsiia-ukrlehprom-vziala-uchast-v-zasidanni-komitetu-verkhovnoi-rady-ukrainy-z-pytan-ekonomichnoho-rozvytku/>.

2. Dynamika vidnovlennia industrii u tsyfrakh 2021 roku. URL: <https://ukrlegprom.org/ua/news/dynamika-vidnovlennya-industriyi-u-czyfrakh-2021-roku/>.

3. Is it possible to make money in the Ukrainian light industry. URL: <https://en.thepage.ua/economy/is-it-possible-to-make-money-in-the-ukrainian-light-industry/>.

4. Hiliazetdinov, R.N. (2009), Development of scientific bases of creating innovative technology

of primary processing of bast crops. Dr. Sc. (Tech.). Kherson.

5. Dudarev, I., Say, V. (2020), Development of resource-saving technology of linseed harvesting. *Journal of Natural Fibers*, V. 17 (9), P. 1307–1316.

6. Rezvykh, N.I. (2010), Improved processing of drug-free hemp stalks. Cand. Sc. (Tech.). Kherson.

7. Lialina, N.P. (2015), Development of scientific bases of primary processing of drug-free hemp stalks for receiving fibers of a different functional purpose. Dr. Sc. (Tech.). Kherson.

8. De ye konopli v Ukraini? URL: <https://ukrainer.net/konopli/>.

9. Biznes na konopliakh: vid zaborony do peredovoi haluzi. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3173980-biznes-na-konoplah-vid-zaboroni-do-peredovoi-galuzi.html>.

10. Vyroshchuvannia tekhnichnykh konopel: nisha dlia tykh, khto khoche otrymaty prybutok. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/20945-vyroshchuvannia-tekhnichnykh-konopel-nisha-dlia-tykh-khto-khoche-otrymaty-prybutok.html>.

11. Biznes na tekhnichnykh konopliakh: mozhlyvosti, vartist ta praktychnyi dosvid. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/biznes-na-tehnicnih-konoplah-mozlivosti-varti-ta-practicnij-dosvid>.

12. V Ukraini zapratsiuie promyslova liniia z pererobky konopel. URL: <https://agronews.ua/news/v-ukraini-zapratsiuie-promyslova-liniia-z-pererobky-konopel/>.

13. Berezovsky, Y., Kuzmina, T., Mazievich, T. (2020), Influence of the eco-brand of oil flax on the development of production of safe products. *Scientific Horizons*, 23(12), 65–73.

14. Patent of Ukraine № 113090. Berezovsky Yu.V. Method of producing the same type fiber of bast crops and device for its implementation.

15. Berezovsky, Yu.V. (2017), Technical solution for processing of flax raw materials. *Science and innovation*, V. 13 (3), P. 22–33.

16. Berezovsky, Yu.V. (2018), Technical solution for scutching the raw bast material. *Science and innovation*. V. 14 (1), P. 24–35.

Стаття надійшла до редакції 21 лютого 2023 року

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 178.1/2-023.36:663.4

Бліщ Р. О.,

roksolanaalex1976@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1143-5264,

Researcher ID F-8682-2019,

к. т. н., доц., доцент кафедри ТОП,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПИВА

Анотація. Пиво є найпопулярнішим і улюбленим серед споживачів алкогольним напоєм світу. Проте, очікування споживачів все ще зростають щодо якості пива, його складу, сенсорних властивостей та потенціалу для здоров'я. Вони, зазвичай, віддають перевагу пиву з нижчим вмістом цукру і вуглеводів, спирту, глютену, але при цьому без зниження органолептичних властивостей. Тому виробники використовують цей момент для розширення асортименту продукції і на ринку з'являється все більше сортів пива, які містять біоактивні добавки або інгредієнти без мінералів або глютену.

Метою статті було дослідження пива як основи для створення функціонального продукту, а також наявність функціональних сортів пива та технологічні аспекти їх одержання. Доведено, що склад пива, а також його сприятливий вплив на організм людини вказують на те, що це гарна основа для розробки цінного функціонального напою.

У статті серед розглянутої сировини та технологічних аспектів отримання функціонального пива вивчено виробництво безалкогольного і ро біотичного пива, безглютенового, ізотонічного, ро біотичного, з підвищеним вмістом ксантогумолу, а також грютове пиво, що містить трав'яні добавки. Аналіз даних літератури показує, що функціональний сегмент пива чітко розрізняється, а інтерес до пива спеціальних харчових цілей збільшується. Встановлено, що розроблені науковцями технології з використанням нетрадиційної сировини з метою одержання функціонального пива можуть бути рекомендовані до використання в пивоварінні для розширення зразків продукції, та покращання її впливу на організм людини.

Ключові слова: функціональні властивості, пиво, ксантогумол, мінерали, ізотонічне пиво, безалкогольне пиво, глютен.

Blishch R. O.,

roksolanaalex1976@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1143-5264,

Researcher ID F-8682-2019,

Ph.D., Department of Organic Products Technology

Lviv Polytechnic National University, Lviv

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF OBTAINING FUNCTIONAL BEER

Abstract. Beer is the most popular and favorite alcoholic beverage in the world among consumers. However, consumer expectations are still rising regarding beer quality, composition, sensory properties and health potential. They usually prefer beer with a lower content of sugar and carbohydrates, alcohol, gluten, but without reducing the organoleptic properties. Therefore, manufacturers are using this moment to expand their product range, and more and more beers are appearing on the market that contain bioactive additives or ingredients without minerals or gluten. The purpose of the article was to study beer as a basis for creating a functional product, as well as the presence of functional types of beer and the technological aspects of their production. It has been proven that the composition of beer, as well as its beneficial effects on the human body,

indicate that it is a good basis for the development of a valuable functional drink. In the article, among the considered raw materials and technological aspects of obtaining functional beer, the production of alcohol-free and low-alcohol beer, gluten-free, isotonic, probiotic, with an increased content of xanthohumol, as well as groat beer containing herbal additives is studied. The analysis of literature data shows that the functional segment of beer is clearly distinguished, and the interest in beer for special food purposes is increasing. It was established that the technologies developed by scientists using non-traditional raw materials for the purpose of obtaining functional beer can be recommended for use in brewing to expand product samples and improve its impact on the human body.

Key words: functional properties, beer, xanthohumol, minerals, isotonic beer, non-alcoholic beer, gluten.

JEL Classification: M1, L23

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-05

Постановка проблеми. Сьогодні все більше людей розуміють, що від того, наскільки усвідомлено ми харчуємося та які харчові звички маємо, залежить якість нашого життя. Кількісні показники життя поступово переходять в якісні, тому ми все прискіпливіше ставимося не тільки до того, що їмо, але й п'ємо.

Одним із важливих шляхів розв'язання проблеми забезпечення населення необхідним харчуванням є розробка рецептури і технології функціональних продуктів і напоїв, які повинні вміщувати певну кількість необхідних речовин і сполук в оптимальному (для корисного ефекту) співвідношенні [1]. А це такі види функціональних інгредієнтів: харчові волокна (розчинні та нерозчинні), вітаміни (А, група В, С тощо), мінеральні речовини (кальцій, залізо, цинк, магній тощо), поліненасичені жири, антиоксиданти (β -каротин, вітаміни С та Е), пробіотики, суперфуди [2].

Прохолодне ароматне пиво з яскравим характерним смаком – улюблений напій багатьох, історія якого обчислюється тисячоліттями. Воно не тільки втамовує спрагу, а й підвищує тонус організму, поліпшує обмін речовин та засвоюваність їжі. Маючи певну харчову цінність, пиво слід розглядати як невід'ємну добавку до харчування.

В зв'язку з цим актуальним питанням є дослідження пива як основи для створення функціонального продукту, а також наявність функціональних сортів пива та технологічні аспекти їх одержання: безалкогольного та слабоалкогольного, безглютенового, з підвищеним вмістом ксантогумолу, пробіотичного, а також пива з рослинними добавками тощо.

Об'єкт дослідження – пиво, сировина для виробництва пива.

Предмет дослідження – функціональні властивості пива з додаванням нетрадиційної сировини.

Мета дослідження – теоретичне дослідження пива як основи для створення функціонального продукту, та технологічні аспекти отримання функціонального пива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пиво традиційно отримують спиртовим бродінням охмеленого сусла дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* (верхове бродіння) і *Saccharomyces carlsbergensis* (низове бродіння). Всі сорти пива виробляють з безпечних для здоров'я інгредієнтів: ячмінного солоду, хмелю, дріжджів і води.

Пиво в своєму складі вміщує комплекс вітамінів (B_{12} ; B_2 ; B_6 ; біотин; ніацин; фолієву, пантотенову кислоти та мінерали (магній; калій), також антиоксиданти [3]. В середньому в 1 літрі пива міститься 15÷400 мг антиоксидантів. Значення антиоксидантів для здоров'я людини полягає в тому, що вони запобігають раковим захворюванням, попереджуючи утворенню вільних радикалів. Вони також знижують ризик серцевих захворювань, попереджуючи утворення тромбів. З цього можна зробити висновок, що пивні антиоксиданти позитивно впливають на здоров'я людей, які вживають пиво. До них відносяться: SO_2 , що виробляється дріжджами під час бродіння, меланоїдини (утворюються переважно під час обсмажування солоду, а також під час затирання та варіння сусла), вітаміни B_6 , B_{12} , С, Е та селен і численні поліфенольні сполуки [3; 5].

Вміст поліфенолів у пиві залежить від виду сировини і технологічних прийомів виробництва. Приблизно 80% поліфенолів переходить до пивного сусла з солоду і 20% вноситься з хмелем [5]. Вміст поліфенолів у різних сортах пива коливається від 70 до 123 мг/л [6]. Крім антиоксидантної активності поліфеноли мають протизапальну, естрогенну та антисклеротичну і навіть проти-пухлинну дію. Фенольні сполуки пива можна віднести до найбільш цінних у біологічному відношенні.

Доведено, що помірне вживання пива знижує ризик захворіти на 20–40% на серцево-судинні захворювання, в тому числі захворюваність на ішемічну хворобу серця та інсульт. Також спостерігалось зниження ризику виразки, утворення жовчних каменів, каменів в нирках та артриту. Ефект споживання пива також може заспокоїти, зменшити стрес або полегшити засинання.

Отже, склад пива, а також його сприятливий вплив на організм людини вказують на те, що це гарна основа для розробки цінного функціонального напою.

Виклад основного матеріалу дослідження. З розвитком обізнаності споживачів щодо вживання алкоголю та його вплив на здоров'я, зростає інтерес до слабоалкогольного і безалкогольного пива. Безалкогольне та слабоалкогольне пиво один з найпопулярніших функціональних сортів пива, доступних на ринку. Залежно від законодавства країни та обладнання виробників безалкогольне пиво може містити 0,0–0,5% об. етанолу. Слабоалкогольне та безалкогольне пиво захоплює ринок, за останні 15 років середні продажі його в Європі зросли на 50% [7].

Слабоалкогольне пиво – це пиво, яке містить приблизно 1–3,5% об. алкоголю. Для його виробництва не потрібно спеціального обладнання. Бажаного вмісту алкоголю можна досягти шляхом застосування різних технологічних прийомів.

Безалкогольне пиво можна отримати різними способами, а саме: технологічним, термічним та мембранним [1]. Останні два способи вимагають значних капітальних вкладень.

До технологічних способів відносять:

- зброджування спеціальними дріжджами, які можуть зброджувати фруктозу та глюкозу, але не в змозі розщеплювати і споживати мальтозу. Концентрація спирту не зростає вище 0,5% об. Таке пиво містить багато цукрів і має солодкий смак;

- метод контакту дріжджів з суслим при низьких температурах. У даному методі сусли при температурі -2°C ретельно перемішується з пивними дріжджами. У таких умовах дріжджі практично не утворюють спирт, але процеси життєдіяльності, що мають місце при цьому, ведуть до появи пивного аромату і зникнення смаку сусли;

- переривання бродіння при концентрації спирту нижче 0,5% об. Таке пиво часто вариться з початковою екстрактивністю 9–11% при зниженій нормі внесення хмелю і зброджується до вмісту спирту 0,5% об. Після цього пиво протягом ще не менш 10 днів дозріває при $0 \dots 1^{\circ}\text{C}$ щоб уникнути появи неприємного сірчастого присмаку;

- застосування іммобілізованих дріжджів. Під іммобілізацією дріжджів розуміють закріплення дріжджів на будь-якому носії. Закріплення дріжджів на відповідному носії дає можливість контролювано використовувати ферментативний потенціал дріжджів. Тим самим можна регулювати утворення і розщеплення побічних продуктів бродіння.

У всіх методах термічного видалення спирту використовуються вакуумно-перегінні апарати з різними конструктивними особливостями теплопередачі. Недоліком термічного методу є те, що пиво піддається впливу низького тиску та високих температур.

У мембранних методах поділу пиво прокачується через дуже тонку мембрану з бавовняної целюлози або ацетилцелюлози і при цьому видаляється спирт. У різних мембранних методах використовуються різні фізичні ефекти. З мембранних методів у практиці широко й ефективно використовуються методи зворотного осмосу та діалізу [7].

Кожен з цих методів виробництва безалкогольного пива надає певний вплив на сенсорні властивості кінцевого продукту, порівняно з виробництвом алкогольного пива. Одним з недоліків є погіршення смаку, яке відбувається під час обробки: мембранні процеси зазвичай ведуть до меншої консистенції та низького аромату, термічна деалкоголізація веде до погіршення аромату через нагрівання, оскільки етанол впливає на утримання альдегіду в пиві. Дуже складно виробляти слабоалкогольне пиво з аналогічним розподілом летких речовин та балансом, як і у звичайному пиві. Баланс смаку може бути досягнутий шляхом коригування процесу, а також шляхом додавання ароматичних речовин в кінцевий продукт. Термічні процеси мають тенденцію до посилення кольору пива, а мембранні процеси знижують колір слабоалкогольного пива, у той час як гіркота, вміст летких речовин і стабільність піни зазвичай погіршуються незалежно від того, який процес деалкоголізації застосовується. З цієї причини застосовуються різні наступні методи обробки та змішування, щоб покращити сенсорну якість та колоїдну стабільність слабоалкогольного пива: додавання свіжих дріжджів з наступним дозріванням або змішування з вихідним пивом.

В останні роки набула популярності безглютенна дієта [9]. Власники багатьох ресторанів пропонують страви без глютену. Харчові підприємства виробляють безглютенну продукцію і напої. Тож пиво без глютену стає важливим

товаром на пивоварному ринку. Такий продукт необхідний тим, хто хворіє на целиацію. При целиакії тканина, що вистилає тонкий кишківник, пошкоджується при споживанні певних білків злакових культур, а саме глютену. Глютен – це частина білків із групи проламінів, присутніх у насінні злаків, таких як: пшениця (гліадин), жито (секалін), ячмінь (гордеїн), овес (авенін). Безглютенова дієта є єдиним ефективним засобом лікування целиакії та інших глютенозалежних захворювань [11]. Тому хворим на целиацію не рекомендується вживати пиво, приготовлене з ячмінного або пшеничного солоду.

Отримати безглютенове пиво можна двома способами. Перший полягає у використанні класичної пивоварної сировини та видаленні клейковини під час технологічного процесу. Цього можна досягти шляхом ферментативного гідролізу за участю проліл-ендопептидази (завичай мікробного походження), або використання генетично модифікованих дріжджів, здатних до виробництва цього ферменту [10].

Також, в останні роки, були проведені дослідження з хорошими результатами з метою зниження рівня глютену за допомогою стандартних освітлювачів, таких як силікагель з високою спорідненістю до залишків проліну [10]. Другим способом є заміна традиційної ячмінної сировини чи сировини, що містить глютен іншим джерелом вуглецю, наприклад, цукровим сиропом, медом, патокою. Проте цей спосіб має негативні наслідки, оскільки солод надає суслу не тільки зброджувані цукри, а й інші сполуки, необхідні для правильного метаболізму дріжджів і формування сенсорних характеристик пива. В цьому випадку ці сполуки необхідно додавати в суслу додатково [11]. Замінити традиційну сировину можна такими зерновими як рис, кукурудза, або так звані псевдозлаками, наприклад, амарант, сорго, гречка, кіноа [12]. Проте їх використання вимагає дослідження параметрів солодоращення, подальшого затирання і варіння суслу, приготовленого з використанням нетрадиційних солодів.

Так, солод одержаний з гречки містить поліфеноли, завдяким яким володіє високою антиоксидантною активністю, що робить його перспективною сировиною для одержання функціонального пива. Вченими [13] було проведено дослідження з виробництва пива верхнього бродіння, що на 100% складалося з гречаного солоду з використанням ферментів. Ці дослідження було висвітлено в патенті [1], де розроблений процес виробництва пива без глютену. Доведено,

що органолептичні властивості даного пива були аналогічні властивостям пива з ячменю.

Амарант також може бути використаний для виробництва безглютенового пива. Він має дрібні зерна і низький вміст амілази. Пиво з 100% амарантового солоду має інтенсивний гіркий смак. Основною особливістю амаранту є збалансованість його білків і підвищений вміст мінеральних солей і вітамінів (А і Е), заліза і фосфору. Амарант завжди був цікавим для дослідників [15].

Також науковці працювали над одержанням пива збагаченим ксантогумолом [16]. Ксантогумол є основним поліфенолом, що міститься в хмелі, і становить приблизно 0,5% його сухої маси. Він позитивно впливає на здоров'я людини. Має сильну антиоксидантну, протизапальну, антибактеріальну, а також інгібіторну дію на ріст і активність ракових клітин. Під час кип'ятіння суслу значна частина цієї сполуки піддається термічній ізомеризації до ізоксантогумолу, біологічна активність якого значно нижча [17]. Втрати ксантогумолу продовжуються і під час бродіння, фільтрації та стабілізації пива. Зрештою, в пиві традиційного виробництва його концентрація не перевищує 0,13 мг/дм³ у світлих сортах і 1 мг/дм³ у темних [7]. Досліджено, що у міцному пиві вміст ксантогумолу можна досягти понад 3 мг/дм³ [18].

Основним способом виробництва пива, збагаченого ксантогумолом, є додавання спеціально підготовлених хмелепродуктів, а саме гранульованого хмелю, хмелевого СО₂ екстракту, етанольного екстракту. Найкращі результати зі збагачення пива ксантогумолом дають темні сорти пива [19]. Вчені відзначили позитивний вплив сполук темного та карамельного солоду, що відповідають за колір на зниження ізомеризації ксантогумолу і, як наслідок, підвищення його концентрації в пиві.

Користь молочнокислих бактерій як пробіотиків для здоров'я добре відома, проте мало даних про пробіотичні дріжджі у ферментованій їжі. Пробіотики визначаються Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) як «живі мікроорганізми, які при введенні в достатній кількості є корисними для здоров'я господаря». Це визначення підкреслює важливість пробіотиків, як живих клітин. Найчастіше пробіотики це біфідобактерії і лактобацили, здатні проявляти антагонізм проти патогенних й умовно-патогенних мікробів. Пробіотичні організми підтримують корисні бактерії, які вже живуть у травній системі. Ці мікроорганізми необхідні для засвоєння поживних речовин і підтримання балансу мікрофлори кишечника.

Пробіотичні мікроорганізми, які зазвичай використовуються у виробництві харчових продуктів, включають до групи молочнокислих бактерій родів *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*. Чотири найпопулярніші пробіотики – *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *L. Rhamnosus* и *Lactobacillus paracasei* L26 досліджувалися як можливі добавки до пива. Підтримання життєздатності пробіотичних мікроорганізмів у пивному середовищі це дуже великий технологічний виклик. Оскільки пиво містить певну кількість алкоголю (зазвичай 3-5% об.), розчинні ізо- α -кислоти, що утворюються в результаті ізомеризації α -кислот хмелю під час варки суслу, які належать до антимікробних сполук, вони пригнічують ріст і розвиток пробіотичних молочнокислих бактерій в пиві. Тому молочнокислим бактеріям дуже важко в такому середовищі. Добре відомий пробіотичний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* var. *bulardii* здатний зброджувати охмелене пивне сусло, як і благородні пивні дріжджі, а отримане пиво характеризується приємними сенсорними характеристиками, що є дуже важливим критерієм, який слід брати до уваги перед використанням пробіотичних дріжджів для виробництва пива [20]. Дослідні сорти пива, отримані з їх участю, характеризуються високою леткою кислотністю. Тому науковцями були проведено дослідження спрямоване на аналіз ефекту інтеграції *Saccharomyces cerevisiae* var. *bulardii* у змішаних культурах зі штамми *S. cerevisiae* для виробництва пива з підвищеною користю для здоров'я. Майже в усіх змішаних бродіннях зі штамми *S. cerevisiae* наприкінці процесу переважали пробіотичні дріжджі. Експериментальне пиво містило велику кількість життєздатних клітин штаму *S. bulardii*. Аналіз дослідних сортів пива на вміст основних летких сполук показав, що включення штаму *S. bulardii* до змішаної закваски не вплинуло негативно на аромат пива. Крім того, включення цього штаму до змішаних заквасок визначило збільшення антиоксидантної активності та вмісту поліфенолів. Деякі змішані закваски, випробувані в цьому дослідженні, дали дуже перспективні результати для підвищення здорової якості продукту, наприклад, покращення антиоксидантної активності та вмісту поліфенолів у пиві. На підставі представлених досліджень можна зробити висновок про можливість виробництва пива з пробіотичними властивостями, але це потребує подальших досліджень для оптимізації рецептів і процесів.

В даний час в пиво додають різні, іноді нетрадиційні трави та інші добавки [2]. Крафтові пивоварні є лідерами у цьому плані. Грюйт – пиво, в якому немає хмелю, тільки трави. У первісному значенні грюйт був сумішшю трав, які використовувалися для додання пиву гіркоти та аромату. До нього могло входити до 40 трав і прянощів, у тому числі деревій, плющ, меліса, звіробій, ягоди ялівцю, кмин, пізніше також спеції (кориця, аніс, імбир). З іншого боку, більшість із перерахованих інгредієнтів характеризуються оздоровчими властивостями.

До найпопулярніших трав із корисними для здоров'я властивостями відноситься корінь імбиру, який має антидіабетичні, протимікробні та антиоксидантні властивості [21]. Також охоче використовується лаванда із заспокійливими, протизапальними, антибактеріальними, протигрибковими та антиоксидантними властивостями. Замінити хміль також може ялівець, що є основою грютового пива та традиційного фінського пива [22].

Ялівець має фунгіцидну, бактерицидну та сечогінну дію. Покращує кровопостачання слизової оболонки шлунка, підтримує травлення та обмін речовин [22]. Коріандр, який додають переважно до бельгійського пива Witbier, має сильні антиоксидантні, спазмолітичні та стимулюючі апетит властивості. У крафтове пиво також додають інші трави та спеції, такі як: верес, вербену, лакрицю, перець чилі, цедру лимона та апельсина, корицю, гвоздику, гібіскус, кардамон, ваніль, кмин, корінь дягелю, аніс. Крім характерних сенсорних якостей, вони приносять ряд переваг для здоров'я. Особливо цінні якості стосуються підвищення антиоксидантної активності пива. Слід зазначити, що такий ефект також можна отримати, додаючи до пива фруктові соки, концентрати, наприклад, з чорної смородини, чорноплідної горобини, бузини, малини, кизилу.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Вивчивши літературні джерела, можна зробити висновок, що при виборі сировини автори звертають особливу увагу на її склад і дію на організм людини, оскільки більшу частину цих властивостей отримує і пиво з її додаванням. Серед розглянутої сировини та технологічних аспектів отримання функціонального пива вивчено виробництво безалкогольного і низькоалкогольного пива, безглютенного, ізотонічного, пробіотичного, з підвищеним вмістом ксантогумолу, а також грютне пиво, що містить трав'яні добавки. Аналіз даних літератури показує, що функціональний сегмент пива

чітко розрізняється, а інтерес до пива спеціальних харчових цілей збільшується. Безалкогольне і низькоалкогольне пиво є і, ймовірно, буде найбільш швидко зростаючою категорією на ринку. Розроблені науковцями технології з використанням нетрадиційної сировини з метою одержання функціонального пива можуть бути рекомендовані до використання в пивоварінні для розширення зразків продукції, та окрацанні її впливу на організм людини.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Leskosek-Cukalovic, I.; Despotovic, S.; Nedovic, V.; Lakic, N.; Niksic, M. New type of beer—Beer with improved functionality and defined pharmacodynamic properties. *Food Technol. Biotechnol.* 2010, 48, 384–391.
2. Бэмфорт, Ч. Новое в пивоварении. СПб. : Профессия, 2007. 520 с.
3. Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольної продукції / О. В. Кузьмін, І. А. Оносова та ін. *Вісник ДонНУЕТ.* 2012. № 1(53). *Технічні науки.* С. 198–209.
4. Jastrzębska A., Kowalska S., Szyłk E.: New procedure for column-switching isotachophoretic determination of vitamins B1 and B6 in beer samples. *J. Food Compos. Anal.* 2017. 57. 80–86.
5. Kołota A., Oczkowski M., Gromadzka-Ostrowska J.: Wpływ występujących w piwie związków polifenolowych na organizm – przegląd literatury. *Alkoholizm i Narkomania.* 2014. 27 (3). 273–281.
6. Ляшенко Н. И. Фенольные соединения в различных органах хмеля. *Физиология и биохимия культурных растений.* 1977. Т. 9, Вып. 3.
7. Кунце В. Технология солода и пива / перевод с нем. СПб. : Издательство «Профессия», 2003. 912 с.
8. Барабой В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. К. : Наук. думка, 1976. С. 270.
9. Dittfeld A., Gwizdek K., Parol D., Michalski M. : Dieta bezglutenowa – charakterystyka grup docelowych. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej,* 2018, 72, 227–239.
10. Fanari M., Forteschi M., Sanna M., Zinellu M., Porcu M.C., Pretti L.: Comparison of enzymatic and precipitation treatments for gluten-free craft beers production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2018, 49, 76–81.
11. Podeszwa T., Harasym J.: Perspektywy rynku piwa bezglutenowego w Europie. *Przem. Ferm. woc. Warz.*, 2013, 5–6, 14–18.
12. Podeszwa T.: Wykorzystanie psuedozbóż do wytwarzania piwa bezglutenowego. *Nauki Inż. Technol.*, 2013, 10, 92–102.
13. Fanari M., Forteschi M., Sanna M., Zinellu M., Porcu M.C., Pretti L. Comparison of enzymatic and

precipitation treatments for gluten-free craft beers production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2018, 49, 76–81.

14. Maccagnan, G., Pat, A., Collavo, F., Ragg, G.L. Bellini, M.P. Gluten-Free Beer. European Patent Specif. EP0949329B1, 2004.

15. Ланиця І. Ф. Оцінка якості продуктів переробки амаранту. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія «Харчові технології».* Т. 19, No 75, Ч. 4. Львів, 2017. С. 81–84.

16. Karabín M., Jelínek L., Kinčl T., Hudcová T., Kotlíková B., Dostálek P.: New approach to the production of xanthohumol-enriched beers. *J. Inst. Brew.*, 2013, 3, 98–102.

17. M., Jelínek L., Kinčl T., Hudcová T., Kotlíková B., Dostálek P.: New approach to the production of xanthohumol-enriched beers. *J. Inst. Brew.*, 2013, 3, 98–102.

18. Wunderlich S., Zurcher A., Back W.: Enrichment of xanthohumol in the brewing process. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2005, 9, 874–881.

19. Wunderlich S., Wurzbacher M., Back W.: Roasting of malt and xanthohumol enrichment in beer. *Eur. Food Res. Technol.*, 2013, 2, 137–148.

20. Capece A., Romaniello R., Pietrafesa A., Sisto G., Pietrafesa R., Zambuto M., Romano P.: Use of *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* in co-fermentations with *S. cerevisiae* for the production of craft beers with potential healthy value added. *Int. J. Food Microbiol.*, 2018, 284, 22–30.

21. Формування якості пива з додаванням нетрадиційної рослинної сировини: дис. канд. т. наук: 05.18.15 / Харків, ун-т. харчув. та торгівлі. Харків, 2018. 392 с.

22. Романова З. М., Романов М. С. Перспективи використання рослинної сировини у пивоварінні. *Проблеми екологічної технології.* 2012. № 2. С. 71–80.

REFERENCES:

1. Leskosek-Kukalovits, I., Despotovic, S., Nedovic, V., Lakic, N., Niksic, M. New type of beer—Beer with improved functionality and defined pharmacodynamic properties. *Food Technol. Biotechnol.* 2010, 48, 384–391.
2. Bemfort, CH. Novoye v pivovarenii. SPb. : Professiya, 2007. 520 s.
3. Antioksidantnyye kharakteristiki rastitel'nogo syr'ya v sozdanii alkogol'noy produktsii / O. V. Kuz'min, I. A. Onosova i dr. *VestnikDonNUET.* 2012. № 1(53). *Tekhnicheskiiye nauki.* S. 198–209.
4. Jastrzębska A., Kowalska S., Szyłk E.: New procedure for column-switching isotachophoretic determination of vitamins B1 and B6 in beer samples. *J. Food Compos. Anal.*, 2017, 57, 80–86.

5. Kołota A., Oczkowski M., Gromadzka-Ostrowska J. Wpływ występujących w piwie związków polifenolowych na organizm – przegląd literatury. *Alkoholizm i Narkomania*, 2014, 27 (3), 273–281.
6. Lyashenko N. I. Fenol'nyye soyedineniya v razlichnykh organakh khmelya. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy*. 1977. T. 9, Vyp. 3.
7. Kuntse V. *Tekhnologiya soloda i piva*. Perevod s nem., Spb. : Izdatel'stvo «Professiya», 2003. 912 s.
8. Baraboy V. A. *biologicheskoye rozhdniye fenolov soyuz*. K.: Nauka. dumka, 1976. S. 270.
9. Dittfel'd A., Gvizdek K., Parol D., Mikhal'ski M. Bezglyutenovaya diyeta – kharakteristiki tselevykh grupp. *Dostizheniya v oblasti gigiyeny i eksperimental'noy meditsiny*, 2018 g., 72, 227–239.
10. Fanari M., Forteski M., Sanna M., Zinellu M., Porku M.S., Pretti L. Sravneniye fermentativnoy obrabotki i obrabotki osazhdeniyem dlya proizvodstva bezglyutenovogo kraftovogo piva. *innov. Nauka o yede. Emerdzh. tekhn.*, 2018, 49, 76m81.
11. Podeshva T., Kharasim Dzh. Perspektivy rynka bezglyutenovogo piva v Yevrope. *Pshem. Ferma. woc. Warz.*, 2013, 5–6, 14–18.
12. Podeszwa T. Ispol'zovaniye psevdozernovykh v proizvodstve bezglyutenovogo piva. *nauk i tekhnologiy*, 2013, 10, str. 92–102.
13. Fanari M., Forteski M., Sanna M., Zinellu M., Porku M.S., Pretti L. Sravneniye fermentativnoy obrabotki i obrabotki osazhdeniyem dlya proizvodstva bezglyutenovogo kraftovogo piva. *innov. Nauka o yede. Emerdzh. tekhn.*, 2018, 49, 76–81.
14. Makkan'yan G. Pet, A. Kollavo, F. Regg, G.L. Bellini, M.P. Bezglyutenovoye pivo. Spetsifikatsiya yevropeyskogo patenta. EP0949329B1, 2004 g.
15. Lanitsa I. F. Otsenka kachestva produktov pererabotki amaranta. *Nauchnyy vestnik L'vovskogo natsional'nogo universiteta veterinarnoy meditsiny i biotekhnologiy imeni S. Z. Gzhitskogo Seriya "Pishchevyye tekhnologii"*. T. 19, No 75, CH. 4. L'vov, 2017. S. 81–84.
16. Karabin M., Jelínek L., Kinčl T., Hudcová T., Kotlíková B., Dostálek P. Novyy podkhod k proizvodstvu xanthohumol-enriched beers. *J. Inst. Brew.*, 2013, 3, 98–102.
17. M., Jelínek L., Kinčl T., Hudcová T., Kotlíková B., Dostálek P.: Novyy podkhod k sozdaniyu xanthohumol-enriched beers. *J. Inst. Brew.*, 2013, 3, 98–102.
18. Wunderlich S., Zurcher A., Back W. Nakopichnost' xanthohumol v brewing process. *Mol. Nutr.Food Res.*, 2005, 9, 874–881.
19. Wunderlich S., Wurzbacher M., Back W. Rasteniye malt and xanthohumol enrichment in beer. *Eur. Food Res. Technol.*, 2013, 2, 137–148.
20. Keypse A., Romaniyello R., Piyetrafesa A., Sisto G., Piyetrafesa R., Zambuto M., Romano R. Ispol'zovaniye s. bouldardii in co-fermentations with *S. cerevisiae* for production of craft beer with potential healthy value added. *Int. J. Food Microbiol.*, 2018, 284, 22–30.
21. Formirovaniye kachestva piva s dobavleniyem netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya: dis. kand. t. nauk: 05.18.15 / Khar'kov, un-t. pit. i tovgovli Khar'kov, 2018. 392 s.
22. Romanova S.M., Romanov M.S. Perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya v pivovarenii. *Problemy ekologicheskoy tekhnologii*. 2012. № 2. S. 71–80.

Стаття надійшла до редакції 26 лютого 2023 року

УДК 664.38

Голуб Л. С.,

tan-shan@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6126-0696,

к.т.н., доцент кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро

Власенко К. М.,

ekaterina.udhtu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0850-1945,

доктор філософії, доцент кафедри біотехнології,

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СКЛАДАННЯ РЕЦЕПТУР МАЙОНЕЗНИХ СОУСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

Анотація. Для оптимальної роботи всіх органів та систем в людському організмі харчування має бути повноцінним та збалансованим, це досягається вдосконалення рецептур та технологій виробництва існуючих харчових продуктів з метою збереження поживних властивостей компонентів продукту або надання продукції нових властивостей. Особливе значення для здоров'я людини мають білки рослинного походження. Дефіцит білків в організмі людини призводить до розпаду власних білків. Білкові продукти мають високу біологічну цінність та емульгуючу здатність, їх застосування у складі харчових продуктів дозволяє отримати стійкі емульсії. У роботі розроблено технологію вилучення білкового ізоляту з відходів сировини рослинного походження. Для проведення дослідження використовували шрот голонасінного гарбуза з високим вмістом сирого протеїну, отриманий після вилучення олії з насіння методом холодного пресування. Одержаний ізолят білку використовували в рецептурі майонезу в якості заміни яєчного порошку в кількості 8,5% і 10%. За обома рецептурами одержали майонези зі стійкою емульсією. Для подальшого дослідження було обрано майонез з меншим вмістом емульгатору. Розроблений майонез має гарні органолептичні і фізико-хімічні показники і є перспективним продуктом для ринку харчових продуктів в Україні. При аналізі росту мікроорганізмів на поверхні середовища Сабуро були виявлені колонії дріжджів. Наявність пліснявих грибів або їх спор, а також колоній, типових для коліформних бактерій, у досліджених зразках майонезу виявлено не було. За результатами визначення зміни кислотного числа і стійкості емульсії під час зберігання встановлено рекомендований строк зберігання майонезу 35 днів при температурі $1 \pm 6^\circ\text{C}$. Розробка промислової технології виробництва білкового ізоляту з гарбузового шроту є перспективним напрямком, який дозволить провести повну заміну в рецептурі майонезу емульгатору тваринного походження на емульгатор рослинного походження.

Ключові слова: гарбузовий шрот, білковий ізолят, лужне розчинення, кислотне осадження, емульгатор, майонез.

Holub L. S.,

man-shan@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6126-0696,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Technologies of Natural and Synthetic Polymers, Fats and Food Products,

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro

Vlasenko E. N.,

ekaterina.udhtu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0850-1945,

Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of Biotechnology,

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro

INNOVATIVE APPROACHES TO MAKING MAYONNAISE SAUCE RECIPES USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS

Abstract. *For the optimal functioning of all organs and systems in the human body, nutrition must be complete and balanced, this is achieved by improving the recipes and production technologies of existing food products with the aim of preserving the nutritional properties of the product components or giving the products new properties. Proteins of plant origin are of special importance for human health. Deficiency of proteins in the human body leads to the breakdown of its own proteins. Protein products have a high biological value and emulsifying ability, their use in the composition of food products allows obtaining stable emulsions. The work developed a technology for extracting protein isolate from waste raw materials of plant origin. To conduct the study, seedless pumpkin meal with a high crude protein content, obtained after extracting the oil from the seeds by cold pressing, was used. The obtained protein isolate was used in the recipe of mayonnaise as a substitute for egg powder in the amount of 8.5% and 10%. According to both recipes, mayonnaise with a stable emulsion was obtained. Mayonnaise with a lower emulsifier content was chosen for further research. The developed mayonnaise has good organoleptic and physicochemical indicators and is a promising product for the food market in Ukraine. When analyzing the growth of microorganisms on the surface of the Saburo medium, yeast colonies were found. The presence of mold fungi or their spores, as well as colonies typical of coliform bacteria, was not detected in the examined samples of mayonnaise. Based on the results of determining the change in acid number and stability of the emulsion during storage, the recommended storage period of mayonnaise is 35 days at a temperature of 1-6°C. The development of industrial technology for the production of protein isolate from pumpkin meal is a promising direction that will make it possible to completely replace the emulsifier of animal origin with the emulsifier of plant origin in the mayonnaise recipe.*

Key words: pumpkin meal, protein isolate, alkaline dissolution, acid precipitation, emulsifier, mayonnaise.

JEL Classification: L 66

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-06

Постановка проблеми. Харчування є одним з найважливіших факторів життєдіяльності людини, воно безпосередньо впливає на стан здоров'я, працездатність, фізичний та розумовий розвиток. Для оптимальної роботи всіх органів та систем в організмі харчування має бути повноцінним та збалансованим. Особливо важливим є використання натуральних рослинних компонентів, а також рослинних олій з вираженими харчовими та біологічними властивостями та добавок, які мають корисні для здоров'я людини функціональні властивості.

Серед харчових компонентів, що мають особливе значення для здоров'я людини, найважливіша роль належить білкам рослинного походження, оскільки останнім часом в раціоні населення України відбулися негативні зміни,

пов'язані зі скороченням переважної більшості продуктів. Це призвело до розвитку дефіциту незамінних нутрієнтів: білків, вітамінів, мінеральних речовин, поліненасичених жирних кислот. Згідно з даними роботи [1] дефіцит харчового білка в Україні складає близько 30...40%, вітамінів – 40...60%. Крім того, у складі харчових продуктів рослинні білки позитивно впливають на органолептичні показники їжі: вигляд, колір, смак і текстуру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з найбільш вживаних соусів у раціоні людини є майонез. Його використовують як приправу для поліпшення смаку і засвоюваності продуктів, як добавку для виготовлення перших, других страв і закусок. Традиційно майонез – це продукт на основі рослинної олії, яєч-

ного порошку та лимонного соку, а також гірчиці, цукру, солі та інших харчових і смакових добавок, які складають багатокomпонентну емульсійну систему типу «олія у воді» [2].

Традиційно до складу майонезних соусів та майонезів входять рослинні олії, найчастіше використовують дезодоровану рафіновану соняшникову олію. Така олія не принесе багато користі організму, адже процес очищення та рафінації, який використовується для виробництва соняшникової олії, руйнує антиоксиданти і корисні рослинні сполуки. Аналіз сучасного рівня існуючих розробок показує необхідність використання нетрадиційної рослинної сировини при виробництві жиромісних продуктів для збільшення їх стійкості при зберіганні та надання їм функціональних та антиоксидантних властивостей.

Основною особливістю майонезу є можливість корегування складу рецептурних компонентів та отримання продукції, що максимально відповідають фізіологічним потребам організму. Крім того, вживання рослинних рідких жирів у вигляді дрібнодисперсної водно-жирової емульсії зменшує навантаження на ендокринну систему, сприяє стабілізації фізіологічних функцій шлунково-кишкового тракту [3].

Розроблено склад майонезу, в якому частину рафінованої дезодорованої соняшникової олії замінено на суміш конопляної та обліпихової олій холодного віджиму, що зберігають більшість антиоксидантів і вітамінів [4]. Часткова заміна соняшникової олії на конопляну та обліпихову принесе користь здоров'ю мозку, при цьому покращуються когнітивні функції у літніх людей. Даний майонез можна віднести до продуктів оздоровчого призначення з певними функціональними властивостями.

Актуальним є покращення асортименту існуючих на ринку майонезів з метою отримання якісної і корисної продукції з низькою собівартістю з покращеними функціональними властивостями.

Постановка завдання. Основними тенденціями розширення асортименту майонезів є зниження калорійності шляхом зменшення в рецептурі вмісту жирів та цукру, підвищення біологічної цінності шляхом повної чи часткової заміни традиційних компонентів натуральними біологічними та фізіологічно активними речовинами [5, 6]. Одним з таких перспективних компонентів є білкові продукти з насіння олійних культур. Відомо, що білкові продукти мають високу біологічну цінність та емульгуючу здатність,

тому їх застосування у складі харчових продуктів дозволяє одержати стійкі емульсії звичної для споживача консистенції [7]. З цієї точки зору виникає можливість заміни традиційного емульгатора – яєчного порошку у рецептурі майонезу. Відомо, що яєчний порошок містить 9% холестеролу, його не рекомендується вживати людям літнього віку та хворим на гіперхолестеринемію. Тому на сьогоднішній день актуальною є розробка рецептур низькокалорійних майонезів з повною заміною емульгатору тваринного походження на емульгатор на основі білкових продуктів, отриманих з відходів рослинної сировини. Метою даної роботи є визначення можливості заміни емульгатору тваринного походження (яєчного порошку) на одержаний білковий ізолят з відходів сировини рослинного походження в рецептурному складі майонезу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

На теперішній час дуже багато робіт, присвячених отриманню білкових продуктів зі шроту насіння соняшнику і сої [8; 9]. В Україні традиційно кожного року вирощується велика кількість гарбузових насаджень. М'якоть плодів гарбуза переробляють на сококонсервному виробництві, при цьому в якості відходів утворюється велика кількість насіння. З гарбузового насіння виготовляють корисну гарбузову олію, а знежирений гарбузовий шрот не знайшов широкого використання у харчовій промисловості. Але у порівнянні зі шротом з інших олійних культур, саме шрот з насіння гарбуза містить велику кількість протеїну (табл. 1). Тому актуальним є подальша переробка гарбузового шроту з метою вилучення цінних і корисних для організму людини білкових продуктів.

Таблиця 1

Порівняння вмісту протеїну у шротах з насіння олійних культур

№	Олійна культура	Вміст сирого протеїну, %
1	Шрот з насіння льону	29,96
2	Шрот з насіння кунжуту	39,71
3	Шрот з насіння коноплі	26,35
4	Шрот з насіння гарбуза	50,68
5	Шрот з кокосової стружки	15,60

В роботі використовували шрот з насіння голонасінного гарбуза. Гарбуз голонасінневий – унікальний сорт, який формує насіння без лущиння. Саме з цього сорту гарбуза отримують олію екстра-класу. Насіння темного кольору, що

зумовлено високим вмістом хлорофілу. Крім того гарбузове насіння містить багато корисних компонентів: харчові волокна, калій, магній, фосфор, залізо, марганець, мідь і цинк, антиоксиданти і ненасичені жирні кислоти. Завдяки цьому воно корисне для серця, обміну речовин, нервової системи, кісток та зубів, волосся та нігтів. Гарбузовий шрот одержують після вилучення з насіння олії методом холодного пресування.

Білковий ізолят із насіння – високоочищений від небілкових компонентів продукт з вмістом білка 90%. Виробництво білкового ізоляту зі шроту насіння голонасінного гарбуза складається з таких етапів: екстрагування білка за лужного значення рН, наступне осадження білка в ізоелектричній точці, центрифугування, нейтралізація, сушіння. Для екстрагування білків викорис-

товували шрот із насіння голонасінного гарбуза зі вмістом розчинних білків понад 50% виробництва ФОП «Кібець Р.В.»

Білковий ізолят отримували за розробленою раніше технологією [10].

Одержаний ізолят білку використовували в рецептурі майонезу в якості заміни яєчного порошку в кількості 8,5 і 10%.

В даній роботі в рецептурі майонезу в якості жирової основи використовували купаж олій з зародків пшениці та соняшnikової олії. Такий склад купажу забезпечує добову потребу організму у вітаміні Е, причому у його природних формах. Олія з зародків пшениці є джерелом вітамінів групи В. Відрізняється вона і досить високим вмістом цинку, який бере участь в жировому, білковому, вуглеводному обмінах і крово-

Таблиця 2

Рецептурні співвідношення дослідних зразків майонезу у відсотковому співвідношенні

№ з/п	Сировина	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
1	Соняшnikова олія, %	45,5	45,5	45,5
2	Олія з зародків пшениці, %	19,5	19,5	19,5
3	Яєчний порошок, %	8,5	-	-
4	Ізолят білку, %	-	8,5	10,0
5	Сіль кухонна, %	1,7	-	-
6	Фруктоза, %	0,625	0,625	0,625
7	Гірчичний порошок, %	2,0	2,0	2,0
8	Лимонний сік, %	2,1	2,1	2,1
9	Насіння льону, %	0,5	0,5	0,5
10	Вода очищена, %	решта	решта	решта

Таблиця 3

Органолептичні показники якості дослідних зразків майонезу

Номер зразка	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Запах	Смак	Загальна оцінка
Коефіцієнт вагомості	0,15	0,1	0,15	0,3	0,3	1
Зразок № 1	5	5	4	5	5	4,70
Зразок № 2	5	5	5	5	5	5,00
Зразок № 3	5	5	5	5	4	4,70

Таблиця 4

Органолептичні та фізико-хімічні показники дослідних майонезів

Показники	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний кремоподібний продукт, з поодинокими бульбашками повітря		
Колір	Однорідний, кремувато-жовтий	Однорідний, кремувато-білий	
Смак	Притаманний традиційному майонезу		
Запах	Притаманний традиційному майонезу		
Масова частка вологи, %	13,60	16,86	17,31
Масова частка жиру, %	65	65,0	65,0
Кислотне число, %	0,07	0,149	0,152
Стійкість емульсії, %	99	99	99
рН середовище	4	4,2	4,2

творенні, в синтезі травних ферментів і інсуліну. У складі олії зародків пшениці також присутній природний антиоксидант сквален, який має виражені ранозагоювальні, імуностимулюючі, протигрибкові і бактерицидні властивості.

Для профілактики захворювань на цукровий діабет в рецептурі майонезу цукор замінили на фруктозу.

З метою надання майонезу функціональних властивостей запропоновано в рецептурі майонезу використовувати насіння льону золотого. Відмінність золотого льону від коричневого полягає у наявності декількох активних речовин, золотий льон містить більше антиоксидантів, також золотий льон ніжніше на смак, має омолоджуючу і антибактеріальну дію. Насіння золотого льону насичене великою кількістю розчинної і нерозчинної клітковини (пектинів). Крім того, воно сприяє нормалізації артеріального тиску, метаболізму кальцію, жирів і енергії. Насіння золотого льону сприяє поліпшенню роботи кровоносної системи, має протизапальні властивості і захищає організм від деяких різновидів раку, сприяє очищенню організму та детоксикації.

Рецептури майонезів з використанням білкового ізоляту наведені в табл. 2. За смаком одержаний майонез вже був збалансований за вмістом солі, це пояснюється не досить повним вилученням надлишку хлориду натрію під час промивання осаду білкового ізоляту.

Купаж олій готували наступним чином: соняшникову і олію з зародків пшениці попередньо підігрівали до 30°C і перемішували протягом 10 хвилин. За першим рецептом ячний порошок заливали підігрітою до 30°C водою та перемішували протягом 20 хвилин. Ячну суміш, олію, гірчичний порошок, лимонний сік, сіль, фруктозу та насіння льону в необхідній кількості поміщали в чашу блендера, змішували

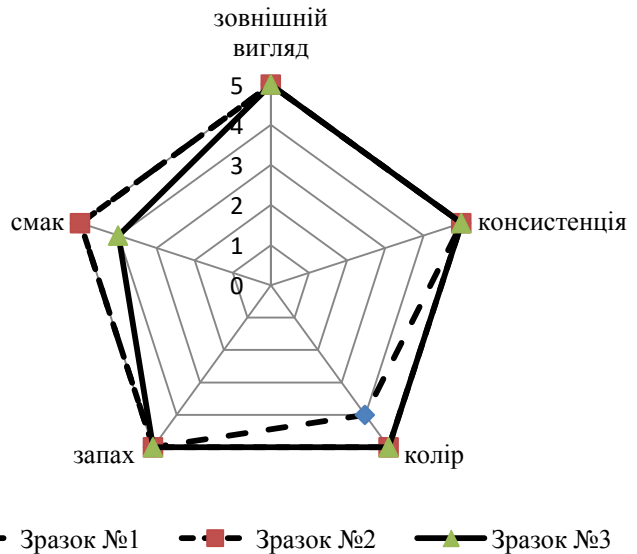


Рис. 1. Органолептичний профіль дослідних зразків майонезу

протягом 60 секунд до утворення стійкої емульсії. За другим і третім рецептом білковий ізолят заливали підігрітою до 30°C водою та настоювали протягом 20 хвилин. Білкову суміш, олію, гірчичний порошок, лимонний сік, фруктозу та насіння льону в необхідній кількості поміщали в чашу блендера, змішували протягом 60 секунд до утворення стійкої емульсії. Безпосередньо після виготовлення майонезу провели дослідження його якості. Відбір проб і визначення вмісту жиру та кислотності здійснювали згідно ДСТУ 4487:2015 «Майонези. Правила приймання та випробування».

Органолептичні показники якості встановлювали на підставі коефіцієнтів вагомості з використанням профільного методу, результати наведені в табл. 3.

Зовнішній вигляд, консистенція та запах усіх зразків були оцінені на 5, а от смак і колір зразків різнився. Органолептичний профіль дослідних зразків наведений на рис. 1.

За проведеною органолептичною оцінкою можна зробити висновок, що зразок № 2 має найкращі результати. Результати визначення показ-

Таблиця 5

Результати мікробіологічної оцінки майонезу з використанням емульгатору рослинного походження

Показник	Значення
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 0,01 г	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не виявлено
Дріжджі, КУО в 1 см ³	1·10
Плісняві гриби, КУО в 1 см ³	Не виявлено
Умовно-патогенні мікроорганізми (стафілокок)	Не виявлено

ників якості дослідних зразків майонезу наведені в табл. 4.

Представлені результати досліджень свідчать про те, що фізико-хімічні показники якості дослідних зразків відповідають даним нормативних документів.

Встановлено, що найкращі показники якості має рецептура майонезу зразку № 2, жирова основа якого складається зі 70% рафінованої дезодорованої соняшникової олії і 30% олії з зародків пшениці, в якості емульгатору використовується ізолят білку, який вилучений зі шроту голонасінного гарбуза.

Для подальшого дослідження було обрано зразок майонезу № 2 з меншим вмістом емульгатору рослинного походження. Результати мікробіологічної оцінки майонезу з використанням емульгаторів рослинного походження наведені у таблиці 8. З отриманих результатів видно, що мікробіологічні показники усіх видів майонезів знаходяться у межах норми і відповідають ДСТУ 4487:2015 «Майонези. Загальні технічні умови».

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Таким чином, показана заміна емульгатора ячного порошку на білковий ізолят зі шроту голонасінного гарбуза. Необхідна стійкість емульсії досягається при меншому вмісті емульгатору рослинного походження у порівнянні з традиційним емульгатором тваринного походження. Одержаний майонез має гарні органолептичні і фізико-хімічні показники і є перспективним продуктом для ринку харчових продуктів в Україні. Розробка промислової технології виробництва білкового ізоляту з гарбузового шроту дозволить провести повну заміну в рецептурі майонезу емульгатору тваринного походження на емульгатор рослинного походження.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Камсуліна Н.В., Скуріхіна Л.М., Губаль Л.А. Дослідження функціонально-технологічних властивостей білків із насіння соняшнику. *Збірники наукових праць ХДУХТ. Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі.* 2015. № 22. С. 50–61.

2. Сова, Н.А., Луценко М.В., Лобанова А.О., Грекова Н.В. Використання конопляної олії у технології майонезу. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія : Нові рішення в сучасних технологіях.* 2019. № 5(1330). С. 152–159.

3. Бахмач В. О., Пешук Л.В. Удосконалення технології майонезів з використанням рослинної сировини. *Харчова промисловість.* 2015. № 15. С. 27–31.

4. Голуб Л.С., Левченко Є.П. Нові функціональні харчові продукти з використанням нетрадиційної сировини. *International scientific and practical conference «Science, engeneering and technologe: global trends, problems and solutions»* (Prague, 12–13 March, 2021). Prague, 2021. P. 141.

5. Галух Б. І., Паска М.З., Драчук У.Р. Збагачення майонезів і соусів комплексом природних антиоксидантів і біологічно активних речовин. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького.* 2015. № 1 (61). С. 11–16.

6. Манк В.В., Пешук Л.В., Радзієвська І.Г. Розроблення емульсійних продуктів підвищеної біологічної цінності. *Харчова промисловість.* 2005. № 4. С. 42–45.

7. Бахмач В., Притульська Н., Дядечко О. Використання рослинних білків під час виробництва майонезів. *Збірник наукових праць КДТЕУ.* 2000. С. 45–47.

8. Ivanova, P., Chalova, V., Koleva, L., Pishtiyski, I., Perifanova, M. Optimization of protein extraction from sunflower meal produced in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2012. V. 2. P. 153–160.

9. Макарянська А.В., Чернега І.С., Оганесян А.А. Переваги використання білкових рослинних концентратів при виробництві комбікормової продукції/ *Зернові продукти і комбікорми.* 2018. № 18. С. 34–39.

10. Lesia S. Holub, Yevhenii P. Levchenko, Ekaterina N. Vlasenko. Development of technology for extraction of protein isolate from pumpkin meal with its further use as emulsifier in mayonnaise recipe. *Journal of Chemistry and Technologies.* 2022. V. 30(2). P. 222–228.

REFERENCES:

1. Kamsulina N.V., Skurikhina L.M., Hubal L.A. (2015), Doslidzhennia funktsionalno-tekhnologichnykh vlastyvostei bilkiv iz nasinnia soniashnyku. *Zbirnyky naukovykh prats KhDUKhT. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiia kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva i torhivli,* № 22. S. 50–61.

2. Sova, N.A., Lutsenko M.V., Lobanova A.O., Hrekova N.V. (2019), Vykorystannia konoplianoi olii u tekhnolohii maionezu. *Visnyk NTU «KhPI». Serii: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh,* 2019, № 5(1330). S. 152–159.

3. Bakhmach V. O., Peshuk L.V. (2015), Udoskonalennia tekhnolohii maioneziv z vykorystanniam roslynnoi syrovyny. *Kharchova promyslovist,* № 15. S. 27–31.

4. Holub L.S., Levchenko Ye.P. (2021), Novi funktsionalni kharchovi produkty z vykorystanniam netradytysiinoi syrovyny. *International scientific and practical conference «Science, engeneering and technologe: global trends, problems and solutions»* (Prague, 12–13 March, 2021), Prague, P. 141.

5. Halukh B. I., Paska M.Z., Drachuk U.R. (2015), Zbahachennia maioneziv i sousiv kompleksom pryrodnykh antyoksydantiv i biolohichno aktyvnykh rechovyn. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho*, № 1 (61). S. 11–16.
6. Mank V.V., Peshuk L.V., Radziievskia I.H. (2005), Rozroblennia emulsiinykh produktiv pidvyschenoi biolohichnoi tsinnosti. *Kharchova promyslovist*, № 4. S. 42–45.
7. Bakhmach V., Prytulska N., Diadechko O. (2000), Vykorystannia roslynnykh bilkiv pid chas vyrobnytstva maioneziv. *Zbirnyk naukovykh prats KDTEU*, 2000. S. 45–47.
8. Ivanova, P., Chalova, V., Koleva, L., Pishtiyski, I., Perifanova, M. (2012), Optimization of protein extraction from sunflower meal produced in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, V. 2. P. 153–160.
9. Makarynska A.V., Cherneha I.S., Ohanesian A.A. (2018), Perevahy vykorystannia bilkovykh roslynnykh kontsentrativ pry vyrobnytstvi kombikormovoi produktsii/ Zernovi produkty i kombikormy, № 18. S. 34–39.
10. Lesia S. Holub, Yevhenii P. Levchenko, Ekaterina N. Vlasenko. (2022), Development of technology for extraction of protein isolate from pumpkin meal with its further use as emulsifier in mayonnaise recipe. *Journal of Chemistry and Technologies*, V. 30(2). P. 222–228.

Стаття надійшла до редакції 02 березня 2023 року

УДК 637:664.7:664.3

Назаренко Ю. В.,

*nazarenko.sumy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4870-4667,
д.т.н., доц., доцент кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

Шмідт Б. В.,

*ORCID ID: 0000-0003-0397-3425,
аспірант кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

Болгова Н. В.,

*ORCID ID: 0000-0002-0201-0769,
к.с.-г.н., доц., доцент кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

Синенко Т. П.,

*tanuyushka.sinenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5300-5142,
асистент кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми*

РОЗРОБКА СИРНОГО ПРОДУКТУ ІЗ РОСЛИННИМ БІЛКОМ

Анотація. Твердий сир – один з найпопулярніших продуктів харчування у світі. Розробка нових видів продуктів, в яких частково або повністю тваринний білок замінений рослинним, і розширення асортименту сирних продуктів з рослинної сировини з високою біологічною та харчовою цінністю і відмінними сенсорними властивостями є актуальним завданням для виробників молочної продукції. Метою даної роботи було дослідити можливість коригування рецептур сирів за рахунок додавання рослинних білків та визначити вплив соєвих білків на функціонально-технологічні та органолептичні властивості сирних продуктів. З метою підвищення біологічної та харчової цінності сиру, при виробництві дослідних зразків сиру було використано ізолят соєвого білку (ІСБ) в кількості 5% та 10%. За контроль взято рецептуру і технологію виробництва сиру «Качотта». Дослідні зразки сирів були виготовлені на експериментальній сироварній кафедрі технологій та безпеки Сумського НАУ з використанням сировини і матеріалів, які відповідають вимогам чинних стандартів. Сир виготовляли за традиційною технологічною схемою виробництва сиру «Качотта». В дослідних зразках відмінністю є початкова ферментативна обробка (гідроліз) соєвих білків, що покращує коагуляцію молочно-соєвої суміші – утворенню сирного згустку. При гідролізі соєвих білків також утворюються пептиди та амінокислоти, які формують кращі комплекси з міцелами казеїну. В дослідних зразках сирів визначали рН, вміст сухих речовин, вміст білку, вміст жиру та солі за загально прийнятими методиками. що збільшення кількості внесення соєвого білку сприяє збільшенню вмісту білкових речовин в готовому сирі. При цьому, знаючи про амінокислотний склад білків сої та молока, можна передбачити, що підвищується біологічна цінність дослідних зразків сирів. Дослідні зразки сирів продемонстрували максимальну наближені до контрольного зразка типові бажані сенсорні характеристики напівтвердого сиру «Качотта». Однак, зразок з вмістом ІСБ 5% перевершує за оцінками зразок з вмістом ІСБ 10% за показниками, як однорідність кольору та структури, присутність вершкового смаку і запаху, відсутність гіркого, трав'янистого запаху, а також ледь відчутного соєвого смаку. Таким чином, за органолептичною оцінкою при виробництві сиру рекомендований вміст соєвого білка 5%, що дозволяє отримати продукт з відмінними сенсорними показниками і підвищеною біологічною цінністю.

Ключові слова: молочні продукти, сир, протеїни, рослинна сировина, біологічна цінність, органолептичні показники.

Nazarenko Y. V.,

nazarenko.sumy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4870-4667,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technologies and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

Shmidt B. V.,

ORCID ID: 0000-0003-0397-3425,

Postgraduate at the Department of Technologies and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

Bolhova N. V.,

ORCID ID: 0000-0002-0201-0769,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technologies and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

Syenko T. P.,

ORCID ID: 0000-0002-5300-5142,

Assistant at the Department of Technologies and Food Safety, Sumy National Agrarian University, Sumy

DEVELOPMENT OF A CHEESE PRODUCT WITH VEGETABLE PROTEIN

Abstract. *Hard cheese is one of the most popular food products in the world. The development of new types of products, in which animal protein is partially or completely replaced by vegetable protein, and the expansion of the assortment of cheese products from vegetable raw materials with high biological and nutritional value and excellent sensorial properties is an urgent task for producers of dairy products. The purpose of this work was to investigate the possibility of adjusting cheese recipes due to the addition of vegetable proteins and to determine the influence of soy proteins on the functional-technological and organoleptic properties of cheese products. In order to increase the biological and nutritional value of cheese, isolate soy protein (ISP) was used in the amount of 5% and 10% in the production of experimental samples of cheese. The recipe and production technology of "Cachotta" cheese was taken under control. Experimental cheese samples were produced at the experimental cheese factory of the Department of Technology and Safety of Sumy National University using raw materials and materials that meet the requirements of current standards. The cheese was made according to the traditional technological scheme for the production of "Cachotta" cheese. In the experimental samples, the difference is the initial enzymatic processing (hydrolysis) of soy proteins, which improves the coagulation of the milk-soy mixture – the formation of a curd clot. Hydrolysis of soy proteins also produces peptides and amino acids that form better complexes with casein micelles. The pH, dry matter content, protein content, fat content, and salt content were determined in the experimental cheese samples according to generally accepted methods. that an increase in the amount of soy protein input contributes to an increase in the content of protein substances in the finished cheese. At the same time, knowing the amino acid composition of soy and milk proteins, it can be predicted that the biological value of experimental cheese samples increases. The test samples of cheeses demonstrated the typical desirable sensory characteristics of the semi-hard "Cachotta" cheese as close as possible to the control sample. However, the sample with 5% ISP content is rated superior to the 10% ISP sample in terms of uniformity of color and texture, the presence of a creamy taste and smell, the absence of a bitter, grassy smell, and a faint soy flavor. Thus, according to the organoleptic evaluation, the soy protein content of 5% is recommended for the production of cheese, which makes it possible to obtain a product with excellent sensory indicators and increased biological value.*

Key words: dairy products, cheese, proteins, plant raw materials, biological value, organoleptic indicators.

JEL Classification: L15; L66

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-07

Постановка проблеми. Тенденції харчової промисловості диктують виробникам нові вимоги та виклики, зокрема, розширення асортименту продукції, виготовленої з рослинних інгредієнтів. Це зумовлено насамперед зацікавленістю споживачів у натуральності, турботі про еколо-

менту продукції, виготовленої з рослинних інгредієнтів. Це зумовлено насамперед зацікавленістю споживачів у натуральності, турботі про еколо-

гію та власне здоров'я. Іншим важливим фактором є ціна на продукти тваринного походження.

Молочні продукти, в тому числі м'які та тверді сири, є одними з найпопулярніших продуктів харчування у світі [1]. Молочні продукти є біологічно повноцінними, легкозасвоюваними, поживними та складаються переважно з білків і жирів тваринного походження.

Основна причина, чому споживачі звертаються до рослинних молочних альтернатив, зокрема сирних продуктів, полягає в тому, що вони є більш доступними та поживними, але їм не подобається їхній смак або аромат. У зв'язку із цим розв'язання питань розробки нових видів продуктів з частковою або повною заміною білків тваринного походження на рослинні, розширення асортименту сирних продуктів із рослинної сировини з підвищеною біологічною та харчовою цінністю, а також відмінними сенсорними показниками, є актуальною задачею для виробників молочних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сирний продукт – це термін, який можна описати як продукт, схожий на сир, вироблений шляхом часткової або повної заміни таких компонентів, як молоко, молочний жир або молочний білок, і додавання речовин рослинного походження, а також добавок, таких як емульгуючі солі, гідроколіди, консерванти, підкислювачі та іноді ароматизатори (хлорид натрію, сирний ароматизатор тощо) [2]. Залежно від використовуваної матриці та інгредієнтів, використаних для приготування, в удосконаленні технології сирних продуктів можна використовувати як молочні (казеїн, казеїнати, молочний жир тощо), частково молочні (казеїн, казеїнати, соєва олія тощо) і рослинні компоненти (кукурудзяний білок, соєвий білок, соєва олія та ін.).

Використання рослинних білків в технології молочних сирів – це відмінне поєднання білків різного походження в одному комплексі, в результаті чого виходить продукт з підвищеною біологічною цінністю.

Аналіз наукових публікацій і патентний пошук показує, що є достатня кількість праць вітчизняних і зарубіжних дослідників, які присвячені розробці молочних продуктів із використанням рослинної сировини – частковою або повною заміною компонентів молочного походження. Доцільність використання рослинних білків у виробництві аналогів сиру або сирних продуктів досліджено вченими Насирова Г.Ф., Данчук Ю. І., Ромоданова В. О., Granato D., Jeong H.-J., Lee Y.-K. та інші.

Вчені використовують білки з різних бобових і зернових культур, зокрема сої, нуту, гороху, рису, льону та конопель. Основна мета їхніх досліджень – знайти нетрадиційні інгредієнти, які можуть зменшити споживання молочного білка і збалансувати харчову та біологічну цінність готових молочних продуктів, зокрема сирів.

Рослинні білки мають вищу молекулярну масу і відмінні від молочного казеїну функціональні властивості, що ускладнює імітацію текстури сиру, особливо твердих і напівтвердих. Сири, які легко імітувати, – це ті, що мають вершкову консистенцію і легко намазуються, такі як фета та рикота, а також ті, що мають стійкий сильний смак і запах, наприклад, гострий та копчений, який перебиває смак і запах рослинного білку [3].

Бобові культури (соє, нут, горох, сочевиця та ін.) можуть бути кращою сировиною для сирних продуктів, ніж будь-які інші рослини, оскільки приблизно вдвічі більше містять білка, ніж злаки, і відносно дешевші ніж горіхи.

Бобові культури багаті на білки з високою біологічною цінністю, а також вуглеводи, мінеральні речовини (наприклад, кальцій і залізо), вітаміни (наприклад, тіамін і ніацин), мають низький вміст жирів. Бобові мають низький глікемічний показник (*GI 31*) через високий вміст клітковини, олігосахаридів, повільно засвоюваного крохмалю [4–6]. Бобові мають антимікробну, антиоксидантну та протизапальну дію [7].

Згідно даних [8], смак і аромат харчових продуктів відіграють важливу роль у прийнятті споживачами рішень про покупку. При цьому знання та усвідомлення корисних біологічних і поживних властивостей продукту відходять на другий план. Безмолочна харчова промисловість досі має труднощі з наданням належного сенсорного досвіду та імітацією текстури та смаку оригінального продукту [9; 10].

Виробники молочних продуктів намагаються відтворити пластичність і розтяжність, характерні для звичайного сиру, у подібних продуктах, де частково або повністю молочний білок замінений рослинним. Більшість сирних продуктів або замінників сиру мають крейдяну, крихку, ламку або надмірно кремopodobну текстуру.

Поліпшення сенсорних показників молочних продуктів із сировиною рослинного походження буде ключовим фактором для їх широкого розповсюдження.

В роботі [11] розкрито спосіб виробництва аналогів сиру без молочних компонентів, що включає білки, виділені та очищені з одного

або декількох джерел рослинного білка: гороху, люпину, нуту або квасолі.

Найбільш вивченими рослинними білками є білки гороху та сої. Соевий білок міститься в широкому спектрі продуктів харчування завдяки своїй здатності покращувати текстуру продуктів і зазвичай використовується як еталонний стандарт при вивченні білків інших бобових культур [12].

Ізоляти білка з бобових (вміст білка більше 80%) не мають кольору, смаку і запаху, а тому можуть бути хорошим варіантом для використання в інноваційних продуктах [13].

Однак використання соєвого білка пов'язане з появою небажаних сенсорних характеристик, таких як бобовий присмак та піщана текстура сиру. Цю проблему вирішили вчені, які додали *Geotrichum candidum* до складу м'якого соєвого сиру [14]. Розщеплення жиру та білка збільшило вміст розчинного азоту, рН та вільних жирних кислот, що призвело до появи бажаного смаку та аромату.

В іншому дослідженні для приготування аналогу сиру з соєвим протеїном використовували кукурудзяний екстракт, а також екстракти папаїну та ананасу для покращення фізико-хімічних та сенсорних властивостей [15].

В роботі [16] запропоновано спосіб виробництва сиру, переважно натурального сиру з значним вмістом соєвого білка (до 30%). За цим способом готують соєву пасту, яку додають до молочних інгредієнтів, а потім здійснюють усі класичні етапи виробництва сиру. Автор стверджує, що частково гідролізований соєвий білок (соєва паста) суттєво не впливає на механізм згортання молока.

Таким чином, вчені активно досліджують різні умови використання рослинних білків для виробництва сирних продуктів з підвищеними біологічними та поживними властивостями і водночас покращеними привабливими сенсорними характеристиками.

Постановка завдання. Мета роботи – вивчити можливість корегування рецептури сиру шляхом додавання рослинного протеїну, встановити вплив соєвого білку на функціонально-технологічні та органолептичні властивості сирного продукту.

Виклад основного матеріалу дослідження. У процесі реалізації поставленого завдання за контроль взято рецептуру і технологію виробництва сиру «*Качотта*» («*Caciotta*»), який відноситься до свіжих м'яких або напітвердих сирів (тривалість витримки – від кількох днів до двох

місяців). Сир «*Качотта*» має еластичну, щільну консистенцією, вираженим аромат і ніжний, солодкуватий вершковий смак [17].

З метою підвищення біологічної та харчової цінності сиру, при виробництві дослідних зразків сиру було використано ізолят соєвого білку (ІСБ) в кількості 5% (зразок 1) та 10% (зразок 2).

Дослідні зразки сирів виготовляли в лабораторних умовах кафедри технології та безпеки Сумського НАУ, використовуючи сировину і матеріали, які відповідають вимогам чинних стандартів. Сир виготовляли в лабораторній сироварні за принципово технологічною схемою, яка представлена на рис. 1.

Основною відмінністю в технології підготовки дослідних зразків сиру від контрольного було передня підготовка (гідроліз) соєвих білків. А саме, порошок ізоляту соєвого білка (*BioTech, USA*) змішується із пастеризованою питною водою в співвідношенні 1:3, підігрівається до температури $55\pm 2^\circ\text{C}$, вноситься ферментний препарат «*Протолад*» (бактеріальна лужна протеаза отримана із селекційних штамів *Bacillus subtilis*, виробник ДП «*Ензим*», Україна) для розщеплення білків з утворенням пептидів і амінокислот, витримування (ферментація) 90 хв. за температури $55\pm 2^\circ\text{C}$, інактивація ферментного препарату – нагрівання за температури $85\pm 1^\circ\text{C}$ з витримкою 5 хв., охолодження до температури $40\text{--}45^\circ\text{C}$ і внесення до молока коров'ячого перед пастеризацією.

Початкова ферментативна обробка (гідроліз) соєвих білків покращує коагуляцію молочно-соєвої суміші – утворенню сирного згустку. При гідролізі соєвих білків також утворюються пептиди та амінокислоти, які формують кращі комплекси з міцелами казеїну.

Наступні етапи є традиційними при виробництві сиру «*Качотта*»: пастеризація за температури $72\text{--}75^\circ\text{C}$ з витримкою 20 с., охолодження до температури $36\pm 2^\circ\text{C}$, внесення хлористого кальцію, закваски з використанням термофільних культур (*Streptococcus thermophilus*) (*IGEA*, Італія), сичужного ферменту «*Albamax 600*» (*Caglificio Clerici*, Італія), сквашування за температури $36\pm 2^\circ\text{C}$, через 20–25 хв. згусток перевіряли на готовність і різали. Проводили обробку сирного зерна (вимішуванням 15–20 хв. за температури $37\text{--}39^\circ\text{C}$), формування сирних головок і їх самопресування в термокамері (температура $45\text{--}50^\circ\text{C}$, витримка 120 хв., кількість перевертень – 3, через кожні 30 хв.), після сири витримують 3–4 год в розсолі (концентрація солі 18–20%,

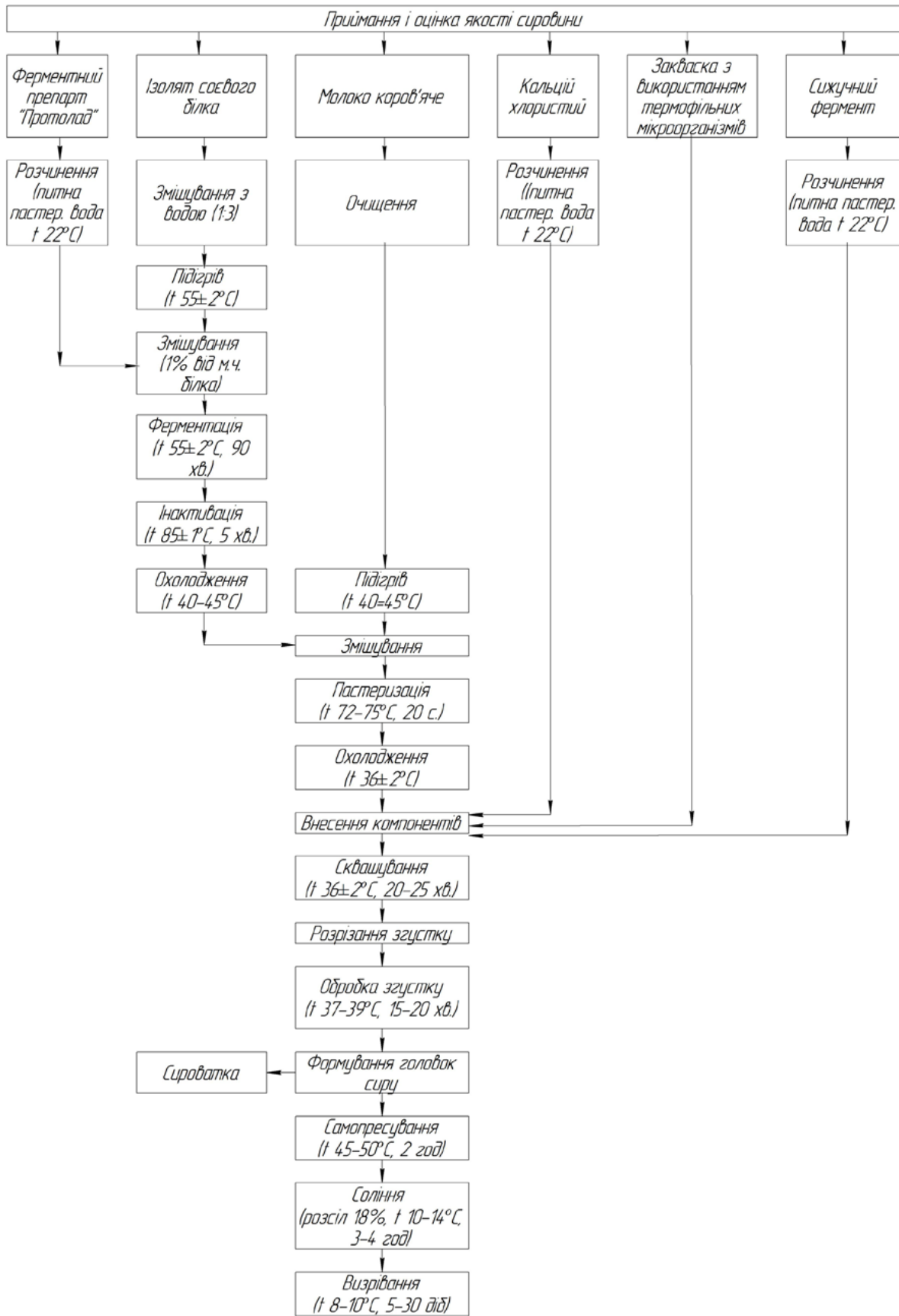


Рис. 1. Принципова технологічна схема виробництва дослідних зразків сиру із соєвим білком

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники дослідних зразків сиру «Качотта»

Показник	Контрольний зразок	Зразок 1 (5% ІСБ)	Зразок 2 (10% ІСБ)
pH	5,35±0,02	5,21±0,05	5,11±0,04
Вміст сухих речовин, г/100 г	51,50±0,1	58,40±0,2	65,93±0,1
Вміст білка, г/100 г	20,67±0,05	26,68±0,08	33,23±0,04
Вміст жиру, г/100 г	28,40±0,1	29,10±0,1	29,80±0,1
Вміст вуглеводів, г/100 г	1,02±0,01	1,14±0,02	1,38±0,05
Вміст солі, г/100 г	1,41±0,02	1,48±0,02	1,52±0,03



Рис. 2. Зовнішній вигляд і розрізи дослідних зразків сирів «Качотта»

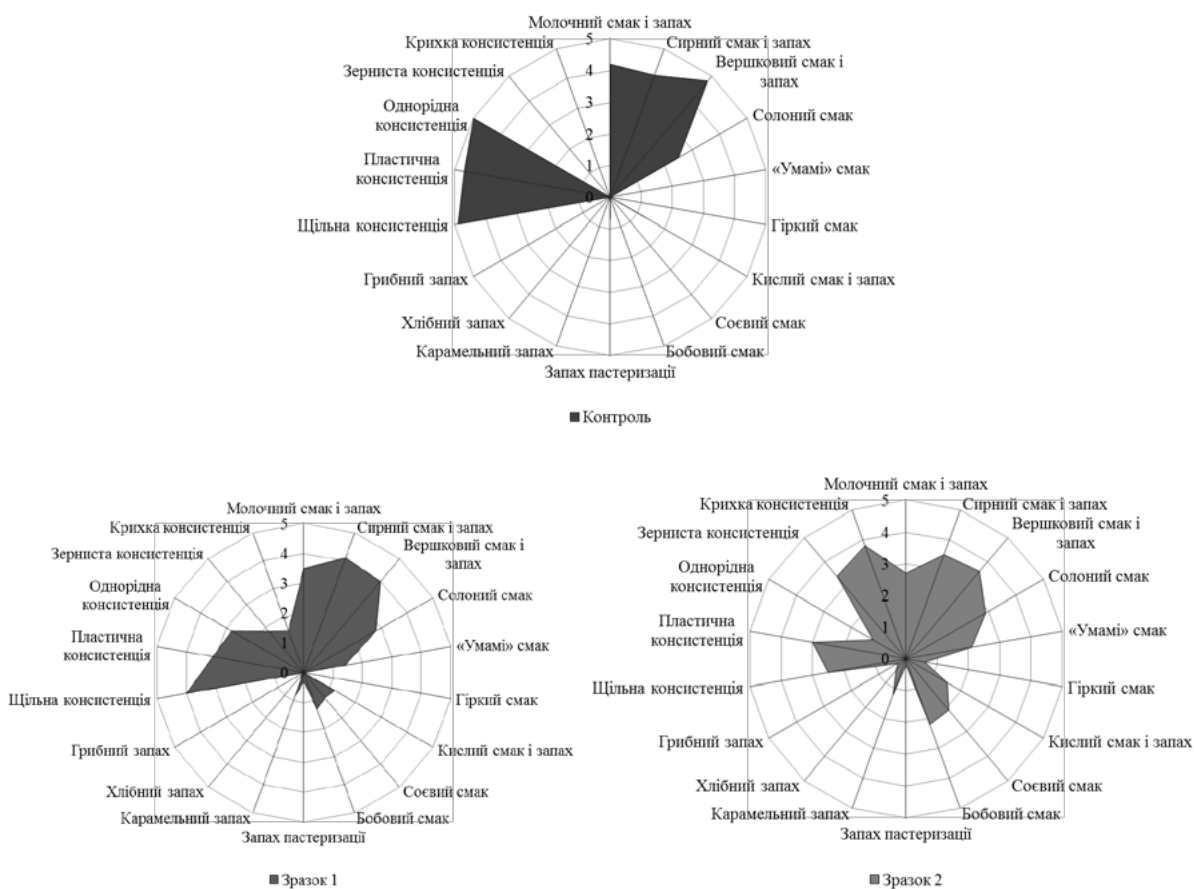


Рис. 3. Профілограми сенсорного аналізу дослідних зразків сирів «Качотта»

температура 10–14°C), а потім зберігають сир за температури 8–10°C протягом 5–30 днів.

Виготовлені сири оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Дослідження проводили через 10 днів визрівання сирів за температури 8–10°C.

В дослідних зразках сирів визначали рН, вміст сухих речовин, вміст білку, вміст жиру та солі за загально прийнятими методиками. Результати представлено в табл. 1.

Із даних табл. 2 видно, що збільшення кількості внесення соєвого білку сприяє збільшенню вмісту білкових речовин в готовому сирі. При цьому, знаючи про амінокислотний склад білків сої та молока, можна передбачити, що підвищується біологічна цінність дослідних зразків сирів.

Органолептичний аналіз проводили методом профільного аналізу, який включає два етапи: вибір дескрипторів і побудову профілю продукту. Сенсорні властивості сиру були оцінені групою з 10 експертів, які мали попередній досвід описового аналізу на кафедрі технологій та безпечності харчових продуктів Сумського НАУ. Зразки представлялися в закодованому вигляді і випадковому порядку.

Групі експертів було запропоновано оцінити інтенсивність відібраних позитивних і негативних дескрипторів сенсорні показники сирів (смаку, запаху та консистенції) за 5-баловою шкалою: 0 – ознака відсутня; 1 – тільки впізнається або відчувається; 2 – слабка інтенсивність; 3 – помірна інтенсивність; 4 – сильна інтенсивність; 5 – дуже сильна інтенсивність.

До визначених експертами дескрипторів *смаку* сиру відносяться: молочний, сирний, вершковий, солоний, «умамі» (специфічний смак білкових речовин, гідролізатів), гіркий, кислий, соєвий, бобовий; *запаху*: молочний, сирний, пастеризації, вершковий, карамельний, гіркий, хлібний, кислий, грибний; *консистенції*: щільна, пластична, однорідна, зерниста (борошняна, піщана), крихка.

Результати органолептичної оцінки дослідних зразків сирів представлені на рис. 2 і 3.

Дослідні зразки сирів продемонстрували максимально наближені до контрольного зразка типові бажані сенсорні характеристики напівтвердого сиру «Качотта». Однак, зразок 1 перевершує за оцінками зразок 2 за показниками, як однорідність кольору та структури, присутність вершкового смаку і запаху, відсутність гіркого, трав'янистого запаху, а також ледь відчутного соєвого смаку.

Таким чином, за органолептичною оцінкою при виробництві сиру рекомендований вміст

соєвого білка 5%, що дозволяє отримати продукт з відмінними сенсорними показниками і підвищеною біологічною цінністю.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Встановлена можливість використовувати в технології напівтвердого сиру «Качотта» соєвих білків. Дана технологія спрямована на отримання продукту, який має досить високі споживчі властивості та збалансований хімічний склад, що досягається комбінуванням різних білків. Поєднання молочних і рослинних білків дозволяє отримати продукт із високими функціонально-технологічними і органолептичними показниками.

Сир «Качотта» – це продукт, який традиційно вживають після короткотривалої витримки (до 2 місяців). Введення в рецептуру рослинних компонентів – соєвого білка, впливає на фізико-хімічні і мікробіологічні процеси при визріванні. Тому подальші перспективи досліджень полягають у проведенні комплексних досліджень впливу соєвого білка на показники сиру з витримкою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Місюк М. В., Місько А. М. Аналіз сучасного стану ринку молокопереробної продукції. *Науковий вісник*. 2021. № 9–10 (286–287). С. 78–85.
2. Довідник товарознавця і споживача продовольчих товарів: навч. посібник / С. В. Князь, А. Г. Загородній, М. В. Римар, Р. М. Скриньковський та ін.; за ред. д-ра екон. наук, проф. С. В. Князя. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 796 с. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4549619>.
3. Wei F., Yano H. Development of “new” bread and cheese. *Processes*. 2020. № 8. P. 1541. <https://doi.org/10.3390/pr8121541>.
4. Boye J., Zare F., Pletch A. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*. 2010. № 43. P. 414–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>.
5. Singh N. Pulses: an overview. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. № 54. P. 853–857. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2537-4>.
6. Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease / D. S. Ludwig, F. B. Hu, L. Tappy, J. Brand-Miller. *British Medical Journal*. 2018. № 361. Article k2340. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2340>.
7. Pina-Pérez M. C., Ferrús Pérez M. A. Antimicrobial potential of legume extracts against foodborne pathogens: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. № 72. P. 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.00>
8. Short E. C., Kinchla A. J., Nolden A. A. Plant-based cheeses: a systematic review of sensory evaluation studies and strategies to increase consumer acceptance. *Foods*. 2021. № 10. P. 725. <https://doi.org/10.3390/foods10040725>.

9. Boukid F. Plant-based meat analogues: from niche to mainstream. *European Food Research and Technology*. 2021. № 247. P. 297–308. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03630-9>.

10. Saraco M., Blaxland J. Dairy-free imitation cheese: is further development required. *British Food Journal*. 2020. № 122. P. 3727–3740. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2019-0825>.

11. Non-dairy cheese replica comprising coacervate: patents JP2022105156A Japan: A23C20/025. Application: 02.05.2022; publication: 12.07.2022.

12. Pea: a sustainable vegetable protein crop. *Sustainable Protein Sources* / M. C. Tulbek, R.S.H. Lam, Y. (C.) Wang, P. Asavajaru, A. Lam. Academic Press, London, UK, 2017. P. 145–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3>.

13. Gharibzahedi S. M. T., Smith B. Legume proteins are smart carriers to encapsulate hydrophilic and hydrophobic bioactive compounds and probiotic bacteria: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. № 20. P. 1250–1279. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12699>.

14. Influence of the addition of *Geotrichum candidum* on the microbial, chemical, textural, and sensory features of soft soy cheese / Y. Li, X. Zhang, J. J. Yang, X. Y. Ma, X. D. Jia, P. Du, A. L. Li. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. № 44(11). Article e14823. <https://doi.org/10.1111/jfpp.1482>.

15. Characteristics of cheese analogue from corn extract added by papain and pineapple extract / N. Aini, B. Sustriawan, V. Prihananto, T. Heryanti. *Earth and Environmental Science*. 2019. № 255(1). Article 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/255/1/012016>.

16. Incorporation of soy proteins in cheese: patents US6455081B1 United States: A23C19/055. Application: 02.10.2000; publication: 24.09.2002.

17. del Prato O. S. Caciotte. *In Trattato di Tecnologia Casearia*. Calderini Edagricole : Bologna, Italy, 2001. pp. 658–662.

REFERENCES:

1. Misiuk, M.V., Misko, A.M. 2021. Analysis of the current state of the dairy products market [Analiz suchasnoho stanu rynku molokopererobnoi produktsii]. *Naukovyi visnyk*, no. 9–10 (286–287), pp. 78–85. [in Ukrainian]

2. Kniaz, S.V., Zahorodnii, A.H., Rymar, M.V., Skrynkovskiy, R.M., Kniazia, S.V. eds. 2021. *Dovidnyk tovaroznavtsia i spozhyvacha prodovolchyykh tovariv: navch. posibnyk* [Handbook of a commodity expert and consumer of food products: education. manual]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki. doi: 10.5281/zenodo.4549619. [in Ukrainian]

3. Wei, F., Yano, H. 2020. Development of “new” bread and cheese. *Processes*, no. 8, pp. 1541. doi: 10.3390/pr8121541.

4. Boye, J., Zare, F., Pletch, A. 2010. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, no. 43, pp. 414–431. doi: 10.1016/j.foodres.2009.09.003.

5. Singh, N. 2017. Pulses: an overview. *Journal of Food Science and Technology*, no. 54, pp. 853–857. doi: 10.1007/s13197-017-2537-4.

6. Ludwig, D.S., Hu, F.B., Tappy, L., Brand-Miller, J. 2018. Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease, *British Medical Journal*, no. 361, article k2340. doi: 10.1136/bmj.k2340.

7. Pina-Pérez, M. C., Ferrús Pérez, M.A. 2018. Antimicrobial potential of legume extracts against foodborne pathogens: a review. *Trends in Food Science & Technology*, no. 72, pp. 114–124. doi: 10.1016/j.tifs.2017.12.00.

8. Short, E.C., Kinchla, A.J., Nolden, A.A. 2021. Plant-based cheeses: a systematic review of sensory evaluation studies and strategies to increase consumer acceptance. *Foods*, no. 10, pp. 725. doi: 10.3390/foods10040725.

9. Boukid, F. 2021. Plant-based meat analogues: from niche to mainstream. *European Food Research and Technology*, no. 247, pp. 297–308. doi: 10.1007/s00217-020-03630-9.

10. Saraco, M., Blaxland, J. 2020. Dairy-free imitation cheese: is further development required. *British Food Journal*, no. 122, pp. 3727–3740. doi: 10.1108/BFJ-11-2019-0825.

11. Holz-Schietinger, C., Klapholz, S., Varadan R., Casino M., O’reilly, B.P., Eisen, M., Cohn, E., Prevot, J. 2022. Non-dairy cheese replica comprising coacervate. Japan: patents no. JP2022105156A.

12. Tulbek, M.C., Lam, R.S.H., Wang, Y. (C.), Asavajaru, P., Lam, A. 2017. Pea: a sustainable vegetable protein crop. *Sustainable Protein Sources*. Academic Press, London, UK, pp. 145–164. doi: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3.

13. Gharibzahedi, S.M.T., Smith, B. 2021. Legume proteins are smart carriers to encapsulate hydrophilic and hydrophobic bioactive compounds and probiotic bacteria: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, no. 20, pp. 1250–1279. doi: 10.1111/1541-4337.12699

14. Li, Y., Zhang, X., Yang, J.J., Ma, X.Y., Jia, X.D., Du, P., Li, A.L. 2020. Influence of the addition of *Geotrichum candidum* on the microbial, chemical, textural, and sensory features of soft soy cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, no. 44(11), article e14823. doi: 10.1111/jfpp.1482

15. Aini, N., Sustriawan, B., Prihananto, V., Heryanti, T. 2019. Characteristics of cheese analogue from corn extract added by papain and pineapple extract. *Earth and Environmental Science*, no. 255(1), article 012016. doi: 10.1088/1755-1315/255/1/012016.

16. Xiao-Cing, H., Richard, H. 2002. Lincourt Incorporation of soy proteins in cheese. United States, patents no. US6455081B1.

17. del Prato O.S. 2001. Caciotte. *In Trattato di Tecnologia Casearia*. Calderini Edagricole: Bologna, Italy, pp. 658–662.

Стаття надійшла до редакції 10 лютого 2023 року

УДК 619:614.31:637.524.075:664

Приліпко Т. М.,

v1280726p@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8178-207X,

*д.с.-г.н., проф., завідувач кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

Семенов О. М.,

som_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,

*к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

Підлісний В. В.,

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

*к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВКОПЧЕНОЇ КОВБАСИ З М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З PSE-ВЛАСТИВОСТЯМИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНОЇ ФОСФАТВМІСНОЇ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ

Анотація. Наведені результати дослідження з розробки нової комплексної харчової добавки для напівкопчених ковбас із м'ясної сировини з PSE властивостями. Науково обґрунтовано рецептуру та технологію КФХД для забезпечення якості напівкопчених ковбас із м'ясної сировини з PSE – властивостями; встановлені режими зберігання, терміни придатності та регламентовані показники якості КФХД. У рецептуру комплексної харчової добавки включені спеції та прянощі. Рецептура КФХД спрямована на покращення технологічних характеристик м'ясних систем: підвищення рН та водозв'язувальної здатності, набухання м'язових білків, стабільність фарбування. Технологія виробництва КФХД складається з наступних основних стадій: приймання сировини, допоміжних та таропакувальних матеріалів; підготовка сировини та допоміжних матеріалів; дозування та змішування рецептурних компонентів; фасування, упаковка, маркування, транспортування та зберігання готової продукції. Використання екстракту натуральних спецій у рецептурі харчової добавки позитивно впливає на смак та аромат готової продукції. Встановлено, що органолептичні показники КФХД протягом 18 місяців не змінювалися. Після 24 місяців відзначається зміна зовнішнього вигляду – утворення грудок, що важко розсипаються. При дослідженні м'яса з PSE властивостями встановлені низька водозв'язуюча здатність і рН, у зв'язку з чим до складу КФХД введені стабілізатори (харчові фосфати), які сприяють поліпшенню цих показників. Підвищення водозв'язуючої здатності є результатом впливу фосфатів на стан міофібрилярних білків м'яса, який полягає в наступному: фосфати забезпечують дисоціацію нерозчинного актоміозинового комплексу на розчинні актин та міозин, в результаті збільшується кількість гідрофільних центрів та ступінь набухання білків, що призводить до збільшення водозв'язуючої здатності. Зразки напівкопчених ковбас за фізико-хімічними показниками у процесі зберігання відповідають вимогам ДСТУ. Дослідження напівкопчених ковбас за показниками безпеки показало їхню відповідність вимогам нормативної документації. Встановлено терміни та режими зберігання напівкопчених ковбас – 30 діб при температурі не вище 6 °С та відносній вологості 75–78%.

Ключові слова: напівкопчені ковбаси, харчові фосфати, водозв'язуюча здатність, міозин, сировина, PSE, DFD.

Prylipko T. M.,

vtl280726p@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8178-207X,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technologies of Food Production and Standardization,

Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi

Semenov A. M.,

som_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,

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

Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi

Pidlisnyj V. V.,

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

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

Higher education institution « Podolsk State University», Kamianets-Podilskyi

FORMULATION DEVELOPMENT, TECHNOLOGY AND CONSUMER RESEARCH PROPERTIES OF SEMI-SMOKED SAUSAGE FROM MEAT RAW MATERIALS WITH PSE PROPERTIES USING A COMBINED PHOSPHATE-CONTAINING FOOD ADDITIVE

Abstract. *The results of research on the development of a new complex food additive for semi-smoked sausages from meat raw materials with PSE properties are given. The recipe and technology of KFPD to ensure the quality of semi-smoked sausages from meat raw materials with PSE properties have been scientifically substantiated; established storage regimes, expiration dates and regulated quality indicators of KFPD Spices and seasonings are included in the recipe of the complex food supplement. The formulation of KFPD is aimed at improving the technological characteristics of meat systems: increasing pH and water-binding capacity, swelling of muscle proteins, stability of coloring. The production technology of KFHD consists of the following main stages: reception of raw materials, auxiliary and packaging materials; preparation of raw materials and auxiliary materials; dosage and mixing of prescription components; packing, packaging, labeling, transportation and storage of finished products. The use of an extract of natural spices in the formulation of a food additive has a positive effect on the taste and aroma of finished products. It was established that the organoleptic indicators of KFCD did not change during 18 months. After 24 months, a change in appearance is noted – the formation of lumps that are difficult to crumble. During the study of meat with PSE properties, a low water-binding capacity and pH were established, in connection with which stabilizers (food phosphates) were introduced into the composition of KFHD, which contribute to the improvement of these indicators. The increase in water-binding capacity is the result of the effect of phosphates on the state of myofibrillar meat proteins, which is as follows: phosphates ensure the dissociation of the insoluble actomyosin complex into soluble actin and myosin, as a result, the number of hydrophilic centers and the degree of swelling of proteins increases, which leads to an increase in water binding 'jazzing ability. The samples of semi-smoked sausages according to physical and chemical parameters in the storage process meet the requirements of DSTU. The study of semi-smoked sausages according to safety indicators showed their compliance with the requirements of regulatory documentation. The terms and modes of storage of semi-smoked sausages have been established – 30 days at a temperature not higher than 6 °C and a relative humidity of 75–78%.*

Key words: semi-smoked sausages, food phosphates, water-binding capacity, myosin, raw materials, PSE, DFD.

JEL Classification: L 66

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-08

Постановка проблеми. На сьогодні є проблема підвищення якості ковбасних виробів набуває особливої актуальності. Інтенсифікація тех-

нологічних процесів обробки м'ясної сировини, а також використання різних добавок, які дозволяють істотно збільшити обсяги випуску про-

дукції та забезпечити раціональне використання сировини, не завжди сприяють підвищенню якості ковбасних виробів [6, с. 85].

Змінюючи хімічний склад ковбас, можна цілеспрямовано підвищувати харчову цінність м'ясних виробів, формувати їх властивості, надаючи продуктам функціональну спрямованість. З цієї причини, однією з найважливіших завдань м'ясної промисловості є удосконалення асортименту ковбасних виробів відповідно до вимог раціонального харчування. Споживчі властивості м'ясопродуктів значною мірою залежить від вихідної якості м'ясної сировини [2, с.96, 4, с. 310].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З цієї причини, однією з найважливіших завдань м'ясної промисловості є удосконалення асортименту ковбасних виробів відповідно до вимог раціонального харчування. У працях вітчизняних та зарубіжних науковців питанням ідентифікації м'ясної сировини на групи якості PSE, DFD та NOR, раціонального її використання з урахуванням технології, рецептури та спрямованої зміни рН м'ясної системи приділяється важлива увага [5, с. 254, 7, с. 163].

Раціональне використання м'яса з відхиленнями у процесі автолізу набуває великого значення, т.к. значно зростає кількість забійних тварин, у яких при дозріванні м'язової тканини відзначається погіршення органолептичних показників та функціонально-технологічних властивостей. Таку сировину по аномальному розвитку автолізу ділять на м'ясо з PSE (pale – бліде, soft – в'яле або м'яке, exudative – водянисте, рН менше 5,2) та DFD (dark – темне, firm – щільне, dry – сухе, рН більше 6,4) – властивостями. М'ясо з ознаками PSE і DFD досягає 40–50%, тому перед фахівцями м'ясної галузі поставлено завдання розробити доступні способи ідентифікації м'яса на групи PSE, DFD і NOR та на їх основі технологічні рішення для покращення якості продукції, що випускається [8, с. 30].

За розробки нових сучасних рецептур ковбасних виробів першочерговим завданням є збільшення кількості білків у ковбасному виробі та зниження жиру [1, с. 4]. Одним із шляхів вирішення визначеного завдання є цілеспрямоване комбінування традиційних та нетрадиційних ресурсів, які регулюють функціонально-технологічні характеристики м'ясної сировини для забезпечення якості продукції, що виробляється. Відмінності полягають в тому, що в якості вологоутримуючої добавки використовують різні її види, які відрізняються за способом виготов-

лення: штучні (фосфати, цитрати) та натуральні (карагенан). За способом дії вологоутримуючої добавки поділяють на такі, що здійснюють вплив на м'язову тканину (фосфати, цитрати) та ті, що утримують вологу самостійно [4, с. 116; 9, с. 37].

Для забезпечення якості ковбасних виробів із сировини з відхиленнями в процесі автолізу широко використовують харчові фосфати. (Е450-дифосфати, пірофосфати 98 видів), Е 451 – трифосфати (2 види), Е 452 – поліфосфати (5 видів). Харчові фосфати діляться за рівнем рН на кислі, нейтральні та лужні [3, с. 99].

Постановка завдання. Метароботи – вивчення споживчих властивостей ковбасних виробів з м'ясної сировини нетрадиційної якості шляхом розробки та використання комплексної фосфатвмісної харчової добавки (КФХД).

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами проведено дослідження з розробки нової комплексної харчової добавки для напівкопчених ковбас із сировини з PSE властивостями. У рецептуру комплексної харчової добавки включені спеції та прянощі. Рецептура КФД спрямована на покращення технологічних характеристик м'ясних систем: підвищення рН та водозв'язувальної здатності, набухання м'язових білків, стабільність фарбування. Використання екстракту натуральних спецій у рецептурі харчової добавки позитивно впливає на смак та аромат готової продукції.

Таблиця 1

Рецептурний склад КФХД для напівкопчених ковбас з м'ясної сировини з PSE-властивістю

Найменування інгредієнта	Кількість, %
Стабілізатор фосфат щелочної – Е451і	33,0
Декстроза	30,0
Екстракт натуральних спецій та прянощів (перець запашний, коріандр, мускатний горіх)	17,0
Сіль кухонна харчова «Екстра»	10,0
Нітрит натрію	0,63
Антиокислювач (Е300)	5,0
Підсилювач смаку та аромату (Е621)	5,0
Нітрит натрію	0,63

Технологія виробництва КФХД складається з наступних основних стадій: приймання сировини, допоміжних та таропакувальних матеріалів; підготовка сировини та допоміжних матеріалів; дозування та змішування рецептурних компонентів; фасування, упаковка, маркування,

Таблиця 2

Найменування інгредієнта	Кількість
Сировина, кг на 100 кг несоленої сировини	
Яловичина жилована другого сорту з PSE- властивостями	65,0
Свинина жилована напівжирна	10,0
Шпик хребтовий	25,0
Харчові добавки, г на 100 кг несоленої сировини	
Сіль кухонна харчова	2700
Комплексна фосфатвмісна харчова добавка, г/100кг основної сировини	1200

Таблиця 3

**Фізико-хімічні показники напівкопченої ковбаси у процесі зберігання, добу
(температура $4\pm 2^\circ\text{C}$, відносна вологість 75–78%)**

Показник	Вимоги ДСТУ 4435:2005 на ковбасу напівкопчену «Краківська»	Тривалість зберігання, діб		
		10	20	40
Масова частка жиру, % не більше	48,0	46,4	46,5	46,3
Масова частка білка %, щонайменше	13,0	14,0	14,1	14,1
Масова частка кухонної солі, % не більше	4,5	4,3	4,3	4,3
Масова частка загальної вологи, % не більше	42,0	40,0	40,5	40,3
Масова частка нітриту натрію, % не більше	0,005	0,004	0,004	0,004

транспортування та зберігання готової продукції. Встановлено, що органолептичні показники КФХД протягом 18 місяців не змінювалися. Після 24 місяців відзначається зміна зовнішнього вигляду – утворення грудок, що важко розсипаються.

Розробку рецептури проводили з урахуванням вимог ДСТУ 4435:2005 на ковбаси напівкопчені.

Технологія виробництва напівкопчених ковбас із м'ясної сировини нетрадиційної якості включає загальноприйняті технологічні режими. КФХД вноситься на початковій стадії приготування фаршу. Усі подальші технологічні операції здійснюються відповідно до чинної нормативно-технічної документації.

Органолептичні показники у процесі зберігання (10, 20, 40 діб) відповідають вимогам ДСТУ.

При дослідженні м'яса з PSE властивостями встановлені низька водозв'язуюча здатність і рН, у зв'язку з чим до складу КФХД введені стабілізатори (харчові фосфати), які сприяють поліпшенню цих показників. Підвищення водозв'язуючої здатності є результатом впливу фосфатів на стан міофібрилярних білків м'яса, який полягає в наступному: фосфати забезпечують дисоціацію нерозчинного актоміозинового комплексу на розчинні актин та міозин, в результаті збільшується кількість гідрофільних центрів та ступінь набухання білків, що призводить до збільшення водозв'язуючої здатності.

З таблиці 3 випливає, що зразки напівкопчених ковбас за фізико-хімічними показниками у процесі зберігання відповідають вимогам

ДСТУ. Дослідження напівкопчених ковбас за показниками безпеки показало їхню відповідність вимогам нормативної документації. Встановлено терміни та режими зберігання напівкопчених ковбас – 30 діб при температурі не вище 6°C та відносній вологості 75–78%.

Висновки. Науково обґрунтовано рецептуру та технологію КФХД для забезпечення якості напівкопчених ковбас із м'ясної сировини з PSE – властивостями; встановлені режими зберігання, терміни придатності та регламентовані показники якості КФХД.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Баль-Прилипка Л.В. Актуальні проблеми та характеристика стану м'ясної промисловості України. *Мясное дело*. Київ: 2010. № 9. С. 4–17.
2. Баль-Прилипка Л.В. Інноваційні технології якісних та безпечних м'ясних виробів : монографія. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2012. 207 с.
3. Bal'-Prilipko, L.V., Palyuka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., Brona, A.I. Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*. 2016. Vol. 78(3). P. 99–111.
4. Пересічний М.І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: монографія. Київ : КНТЕУ, 2008. 718 с.
5. Богатко Н.М., Сахнюк Н.І., Богатко Д.Л. Застосування мікробіологічних критеріїв в Україні за встановлення безпечності харчових продуктів. *Збірник наук. праць Харківської державної зооветеринарної академії. Проблеми зооінженерної*

та ветеринарної медицини. *Ветеринарні науки*. Вип. 26. Ч. 2. Харків, 2013. С. 254–259.

6. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. S. 85–89.

7. Чередніченко О.О. До питання виробництва і збереження якості м'яса та м'ясопродуктів. *Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту*. 2007. № 110 (ч. 2). С. 163–165.

8. Єфімова О. М., Касянчук В. В. Аналіз мікробіологічної безпеки національної продукції тваринного походження, призначеної для експорту. *Ветеринарна медицина України*. №. 1. 2014. С. 30–34.

9. Коцюмбас Г.І., Урбанович П.П., Мисів О.В. Мікроструктурна характеристика фаршу пельменів в аспекті контролю якості харчових продуктів. *Науковий вісник ЛНАВМ імені С.З. Гжицького*. Т. 6 (№ 1), Ч. 2. 2004. С. 37–43.

REFERENCES:

1. Bal-Prylipko L.V. (2010). Aktualni problemy ta kharakterystyka stanu miasnoi promyslovosti Ukrainy. [Actual problems and characteristics of the state of the meat industry of Ukraine]. *Miasnoe delo*. Kyiv. № 9. С. 4–17. [in Ukrainian].

2. Bal-Prylipko L.V. (2012). Innovatsiini tekhnologii yakisnykh ta bezpechnykh miasnykh vyrobiv. [Innovative technologies of high-quality and safe meat products]: monohrafiia. Kyiv : Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy, 207 с. [in Ukrainian].

3. Bal'-Prilipko, L.V., Patyka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., Brona, A.I. (2016). Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. *Mikrobiolohichniy zhurnal*. Vol. 78(3). P. 99–111. [in Ukrainian].

4. Peresichnyi M.I. (2008) Tekhnolohiia produktiv kharchuvannia funktsionalnogo pryznachennia [Tech-

nology of functional food products]: monohrafiia. Kyiv: KNTEU. 718 s. [in Ukrainian].

5. Bohatko N.M., Sakhniuk N.I., Bohatko D.L. (2013) Zastosuvannia mikrobiolohichnykh kryteriiv v Ukraini za vstanovlennia bezpechnosti kharchovykh produktiv. [Application of microbiological criteria in Ukraine for establishing the safety of food products]. *Zbirnyk nauk. Prats Kharkivskoi derzhavnoi zooveterynarnoi akademii. Problemy zoonozhennoi ta veterinarynarnoi medytsyny. Veterynarni nauky*. Kharkiv. Vyp. 26. Ch. 2. S. 254–259. [in Ukrainian].

6. Prylipko, T.M., Prylipko, L.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects*. Latvian Republic, Rīga. S. 85–89. [in Latvian Republic].

7. Cherednichenko O.O. (2007). Do pytannia vyrobnytstva i zberezhenia yakosti miasa ta miasoproduktiv. [To the issue of production and preservation of the quality of meat and meat products]. *Nauk. visn. Nats. ahrar. un-tu*. № 110 (ч 2). С. 163–165. [in Ukrainian].

8. Iefimova O.M, Kasianchuk V.V. (2014) Analiz mikrobiolohichnoi bezpechnosti natsionalnoi produktsii tvarynnoho pokhodzhennia, pryznachenoi dlia eksportu. [Analysis of the microbiological safety of national products of animal origin intended for export]. *Veterynarna medytsyna Ukrainy*. №. 1. S. 30–34. [in Ukrainian].

9. Kotsiumbas H.I., Urbanovych P.P., Mysiv O.V. (2004) Mikrostrukturna kharakterystyka farshu pelmeniv v aspekti kontroliu yakosti kharchovykh produktiv. [Microstructural characteristics of dumplings minced meat in the aspect of food quality control]. *Naukovyi visnyk LNAVМ imeni S.Z. Hzhyskoho*. Т. 6 (№ 1), Ч. 2. S. 37–43. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 15 лютого 2023 року

УДК 614.9:579. 62:613, 287:613,287.5

Приліпко Т. М.,

vtl280726p@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8178-207X,

*д. с.-г. н., проф., завідувач кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

Косташи В. Б.,

kostashv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2182-7723,

*к. с.-г. н., доц., асистент кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

Федорів В. М.,

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

Researcher ID AND-4203-2022,

к. т. н., доц., директор навчально-наукового інституту харчових технологій.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Камянець-Подільський

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ РУБЛЕНИХ М'ЯСНИХ ЗБАГАЧЕНИХ ВИРОБІВ З ПРОЛОНГОВАНИМИ ТЕРМІНАМИ ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ В ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДАХ

Анотація. *Наведено результати розробки технології готових до вживання кулінарних м'ясних рубаних виробів у груповій упаковці з пролонгованими термінами придатності, збагаченими вітамінами та мінеральними речовинами, призначеними для харчування дітей в умовах організованих колективів. Запропонована технологія передбачає доведення рубаних напівфабрикатів до кулінарної готовності із застосуванням щадних способів теплової обробки, що дозволяє максимально зберегти збагачувальні компоненти (вітаміни групи В і РР, йод, залізо, кальцій) або бичачий порошкоподібний «Гемобін-60», цитрат кальцію, йодований молочний білок. Найбільш висока водозв'язуюча здатність; у зразків фаршу з додаванням карбонату кальцію та трикальцій фосфату, при цьому найбільш висока вологоутримуюча здатність у зразка з цитратом кальцію. Загалом використання всіх солей підвищує водозв'язуюча здатність та вологоутримуюча здатність, порівняно з контролем, що впливає на органолептичні показники та вихід продукту після доведення до кулінарної готовності. Органолептична оцінка показала, що за показниками соковитості та ніжності зразки з цитратом кальцію та трикальцій фосфатом мали вищі бали, ніж зразки з карбонатом кальцію. Але загалом усі зразки визнані прийнятними для харчування дітей. Введення кальцію у фарш напівфабрикатів дозволило скоригувати співвідношення кальцій: фосфор у готових м'ясних виробках до значення 1:1. При розробці наступних технологічних етапів застосовувалися прийоми, що дозволяють створити продукт з пролонгованим терміном придатності (не менше 10 діб, згідно з сучасними вимогами до продуктів промислового виробництва, що використовуються в організованому харчуванні дітей), що зручно для комплектації 10-денного меню. Вироблялися зразки із застосуванням доведення до повної готовності, швидкого охолодження та групової упаковки. З наведених даних видно, що збереження всіх вітамінів і мінеральних речовин вище при тепловій обробці комбінацією, що пов'язано, мабуть, з меншою тривалістю обробки. Для упаковки продукції використовувалися термостійкі пакети Cryovac. Наповнені пакети піддавалися герметизації шляхом термозварювання з попереднім видаленням надлишкового повітря. Швидке охолодження – це процес зниження температури в центрі продукту до +2°C протягом 90 хвилин, що запобігає розмноженню бактерій. У продукті зберігаються вітаміни та інші корисні речовини, колір та смакові властивості.*

Ключові слова: харчування дітей в умовах організованих колективів, готові до вживання м'ясні вироби, збагачення, вітаміни, кальцій, термін придатності.

Prylipko T. M.,

vtl280726p@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8178-207X,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technologies of Food Production and Standardization,

Higher education institution "Podolsk State University", Kamianets-Podilskyi,

Kostash V. B.,

kostashv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2182-7723,

Ph.D., Associate Professor: Assistant of the Department of Food Technologies of Production and Standardization of Food Products,

Higher education institution "Podolsk State University", Kamianets-Podilskyi

Fedoriv V. M.,

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

Researcher ID AND-4203-2022,

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

Higher education institution "Podolsk State University", Kamianets-Podilskyi

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED MINCED MEAT ENRICHED PRODUCTS WITH EXTENDED SHELF LIFE FOR FOOD IN CHILDREN'S INSTITUTIONS

Abstract. *The results of the development of the technology of ready-to-use culinary minced meat products in group packaging with extended shelf life, enriched with vitamins and minerals, intended for children's nutrition in the conditions of organized collectives, are given. The proposed technology involves bringing chopped semi-finished products to culinary readiness using gentle methods of heat treatment, which allows you to preserve the enriching components as much as possible (vitamins of group B and PP, iodine, iron, calcium). or bovine powdered "Hemobin-60", calcium citrate, iodized milk protein. The highest water-binding capacity; in samples of minced meat with the addition of calcium carbonate and tricalcium phosphate, while the highest moisture-holding capacity is in the sample with calcium citrate. In general, the use of all salts increases the water-binding capacity and moisture-holding capacity, compared to the control, which affects the organoleptic indicators and the output of the product after bringing it to culinary readiness. Organoleptic evaluation showed that samples with calcium citrate and tricalcium phosphate had higher scores than samples with calcium carbonate in terms of juiciness and tenderness. But in general, all samples are recognized as acceptable for children's nutrition. The introduction of calcium into semi-finished minced meat made it possible to adjust the ratio of calcium: phosphorus in finished meat products to a value of 1:1. During the development of the following technological stages, methods were used to create a product with an extended shelf life (at least 10 days, according to modern requirements for industrially produced products used in organized children's nutrition), which is convenient for completing a 10-day menu. Samples were produced with the use of bringing to full readiness, rapid cooling and group packaging. It can be seen from the given data that the preservation of all vitamins and minerals is higher during heat treatment with a combination, which is probably due to a shorter duration of treatment. Heat-resistant Cryovac bags were used for product packaging. Filled bags were sealed by heat sealing with preliminary removal of excess air. Rapid cooling is a process of reducing the temperature in the center of the product to +2°C within 90 minutes, which prevents the reproduction of bacteria. Vitamins and other useful substances, color and taste properties are stored in the product.*

Key words: *children's nutrition in the conditions of organized groups, ready-to-eat meat products, enrichment, vitamins, calcium, expiration date.*

JEL Classification: L 66

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-09

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвиток організованого харчування, у тому числі шкільного, йде шляхом впровадження сис-

теми централізованого виробництва готових до вживання страв з подальшим розігрівом їх безпосередньо перед вживанням. Це пов'язано з тим,

що існуюча система шкільно-базових їдалень, де приготування продуктів здійснюється з використанням технологічних карт, не завжди забезпечує необхідні показники безпеки харчової та біологічної цінності готового продукту через відсутність систем контролю санітарно-гігієнічних вимог до якості використовуваної сировини та виробництва [5, с. 2; 7, с. 18; 8, с. 86; 9, с. 164].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При організації харчування за новою схемою слід враховувати, що необхідним фактором підтримання нормальної життєдіяльності та працездатності дітей шкільного віку, що запобігає розвитку ряду аліментарно-залежних станів та захворювань, а також, поряд з іншими факторами, складовим елементом терапії різних патологічних станів є збалансоване та нутрієнтно адаптоване харчування [1, с. 99; 2, с. 16]. При аналізі забезпеченості раціонів відзначається недостатнє надходження білка, вітамінів В1, В2, РР, а також виражений дефіцит у споживанні життєво важливих мінералів – заліза, кальцію та йоду [6, с. 10; 7, с. 11].

М'ясні рубані вироби утворюють велику групу готових до вживання продуктів харчування, що досить регулярно присутні в раціоні значної частини дітей та дорослих. На сьогоднішній день вони включені до переліку рекомендованих продуктів для складання меню дитячих закладів освіти [4, с. 192].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з вищевикладеним розроблено технологію готових до вживання кулінарних м'ясних рубаних виробів у груповій упаковці з пролонгованими термінами придатності, збагаченими вітамінами та мінеральними речовинами, призначеними для харчування дітей в умовах організованих колективів [3; 17].

Запропонована технологія передбачає доведення рубаних напівфабрикатів до кулінарної готовності із застосуванням щадних способів теплової обробки, що дозволяє максимально зберегти збагачувальні компоненти (вітаміни групи В і РР, йод, залізо, кальцій), або бичачий порошокоподібний «Гемобін-60», цитрат кальцію, йодований молочний білок [2, с. 7].

Відомо, що цитрат кальцію має високу розчинність і дає найбільш засвоюваний організмом людини кальцій. Він застосовується в технології ковбасних виробів, проте вміст кальцію в ньому невеликий [5, с. 21].

Постановка завдання. Тому, поряд з цитратом кальцію, були розглянуті інші джерела кальцію з більш високим його вмістом. Дослідним шляхом отримані рівні внесення різних кальційвмісних добавок до м'ясного напівфабрикату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як відомо, введення в м'ясний фарш солей кальцію впливає на його функціонально-технологічні властивості. Вологоутримуюча здатність м'яса є одним з найважливіших показників, що безпосередньо впливають на вихід готових виробів і тісно пов'язані з соковитістю, ніжністю та іншими технологічними та кулінарними властивостями м'яса. Тому досліджували водозв'язуюча здатність та вологоутримуюча здатність м'ясних готових виробів, виготовлених із внесенням кальційвмісних добавок порівняно із зразком, виробленим без збагачення (контроль).

Найбільш висока водозв'язуюча здатність; у зразків фаршу з додаванням карбонату кальцію та трикальцій фосфату, при цьому найбільш висока вологоутримуюча здатність у зразка з цитратом кальцію. Загалом використання всіх солей підвищує водозв'язуюча здатність та вологоутримуюча здатність, порівняно з контролем, що впливає на органолептичні показники та вихід продукту після доведення до кулінарної готовності.

Органолептична оцінка показала, що за показниками соковитості та ніжності зразки з цитратом кальцію та трикальцій фосфатом мали вищі бали, ніж зразки з карбонатом кальцію. Але загалом усі зразки визнані прийнятними для харчування дітей. Введення кальцію у фарш напівфабрикатів дозволило скоригувати співвідношення кальцій: фосфор у готових м'ясних виробках до значення 1:1.

Вданий час в системі харчування дітей в умовах організованих колективів рекомендованими способами теплової обробки є конвекція, запікання, НВЧ-нагрів (мікрохвилі), пара, що дозволяють інтенсифікувати технологічні процеси та підви-

Таблиця 1

Внесення різних кальційвмісних добавок в м'ясний напівфабрикат

Найменування солей кальцію	Вміст кальцію, %	Рівень внесення продукт, г/100 г	Фактичний вміст у готовий продукт, г/100 г
Цитрат кальцію	21	0,6	0,218±0,045
Карбонат кальція 40	40	0,4	0,243±0,040
Трикальційфосфат	40	0,4	0,245±0,023

щити якість продукції, що випускається. У зв'язку з цим досліджували фактичні втрати вітамінів та мінеральних речовин у збагачених виробках у процесі доведення до готовності рубаних виробів двома способами: із застосуванням мікрохвиль (комбінація) та з використанням конвекції.

Із наведених даних видно, що безпека всіх вітамінів і мінеральних речовин вища при теплової обробці комбінацією, що пов'язано, мабуть, з меншою тривалістю обробки.

При розробці наступних технологічних етапів застосовувалися прийоми, що дозволяють створити продукт з пролонгованим терміном придатності (не менше 10 діб, згідно з сучасними вимогами до продуктів промислового виробництва, що використовуються в організованому харчуванні дітей), що зручно для комплектації 10-денного меню. Вироблялися зразки із застосуванням доведення до повної готовності, швидкого охолодження та групової упаковки. З наведених даних видно, що збереження всіх вітамінів і мінеральних речовин вище при теплової обробці комбінацією, що пов'язано, мабуть, з меншою тривалістю обробки.

Для упаковки продукції використовувалися термостійкі пакети Cryovac. Наповнені пакети піддавалися герметизації шляхом термозварювання з попереднім видаленням надлишкового повітря. Швидке охолодження – це процес зниження температури в центрі продукту до +2°C протягом 90 хвилин, що запобігає розмноженню бактерій. У продукті зберігаються вітаміни та інші корисні речовини, колір та смакові властивості.

Варіння під вакуумом – це поєднання приготування у вакуумній упаковці та приготування при невисоких температурах з наступним швидким охолодженням. Ця технологія дозволяє значно скоротити втрати при теплової обробці. Технологія приготування страв у вакуумній упаковці успішно застосовується у світі вже багато років,

хоч і продовжує залишатися відносно новою. У вакуумі продукти суттєво довше зберігають смак, аромат та корисні мікроелементи.

Пастеризація застосовується для знезараження харчових продуктів, а також продовження терміну їх зберігання. При такій обробці в продукті гинуть вегетативні форми мікроорганізмів, проте суперечки залишаються у життєздатному стані і при виникненні сприятливих умов інтенсивно розвиваються. Тому пастеризовані продукти зберігають за знижених температур протягом обмеженого періоду часу. Вважається, що харчова цінність продуктів при пастеризації практично не змінюється, тому що зберігаються смакові якості та цінні компоненти.

Герметично упаковані дослідні зразки заклали для зберігання при t від 0 до 4 °З урахуванням коефіцієнта запасу – 1,3 (МУК 4.2.1847-04). Потім проводилася обов'язкова дегустаційна оцінка всіх зразків, вибірково зразки з кожної групи продукції вирушали на дослідження харчової цінності та мікробіологічних показників. За органолептичними показниками до закінчення терміну зберігання всі дослідні зразки мали характеристики, що відповідають свіжоприготовленому продукту: гарний зовнішній вигляд, високі смакові якості та запах, властиві поєднанню компонентів. На вигляд, консистенції, ступеня подрібнення компонентів зразки відповідають вимогам, що пред'являються до продукції громадського харчування, і не відрізнялися від відповідних зразків, дегустованих після вироблення.

Втрати основних харчових речовин (білок, жир, вітаміни) при зберіганні були незначні і склали не більше 2–5%. Проведено дослідження мікробіологічних показників та показників окислювального псування готових виробів у зберіганні при температурі 0-4оС протягом 15 діб (обр. 1), 20 діб (обр. 2), 90 діб. У процесі зберігання зразки піддавалися мікробіологічним дослі-

Таблиця 2

Вміст вітамінів і мінеральних речовин в збагачених готових виробках після вироблення із застосуванням різних способів доведення до готовності

Найменування речовини	Масова частка, мг 100 г		
	напівфабрикату	готового виробу	
		конвекція	комбінація
тіамін (B1)	1,07±0,03	0,85±0,12	1,44±0,11
рибофлавін (B2)	1,09±0,09	0,73±0,08	1,09±0,23
ніацин (PP)	8,98±0,2	6,61±0,04	10,3±0,06
кальцій	211,5±20,5	243,0±21,0	255,0±20,0
йод	27,3±0,15	22,3±0,15	25,3±0,32
залізо	3,98±0,8	3,9±0,9	4,0±0,1

дженням за показниками: КМАФАНМ, S.aureus, БГКП, Proteus, L.monocytogenes, дріжджі, плісняви. До закінчення терміну зберігання зразки мали показники, що відповідають встановленим нормам. Мікробіологічна обсіменіння не перевищувала 1×10^1 КУО/г при нормі 1×10^3 . Таким образом, в процесі хранения вироблені образці характеризуються медленным розвитком процесов окислительной порчи.

Загалом розроблена технологія дозволяє отримати продукт із пролонгованими термінами придатності без погіршення органолептичних показників, зниження харчової цінності та гарантованої безпеки.

Впровадження цієї групи перспективної та соціально важливої продукції дозволить зробити свій внесок у забезпечення дітей віком від 3-х років вітчизняними високоякісними продуктами, адаптованими та безпечними продуктами, адекватними специфіці харчування дітей, які у нині практично відсутні на нашому ринку, дозволить покращити забезпеченість організму дитини в макро- та мікронутрієнтах, сприятиме збереженню їхнього здоров'я та підвищенню здатності до навчання.

Висновки. Індустріалізація та централізація процесів виробництва харчової продукції для сфери дошкільного та шкільного харчування дозволить знизити витрати на організацію та утримання шкільних їдалень, забезпечити максимальний контроль якості продукції, що випускається при зниженні її собівартості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Bal'-Prilipko, L.V., Patyka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., Brona, A.I. Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. *Mikrobiologichnyi zhurnal*. 2016. Vol. 78(3). P. 99–111.
2. Баль-Прилипка Л.В. Актуальні проблеми та характеристика стану м'ясної промисловості України. *Мясное дело*. Київ, 2010. №9. С. 4–17.
3. Баль-Прилипка Л.В. Інноваційні технології якісних та безпечних м'ясних виробів : монографія. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2012. 207 с.
4. Пересічний М.І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення : монографія. Київ : КНТЕУ, 2008. 718 с.
5. ДСТУ 8380:2015 М'ясо та м'ясні продукти. Метод вимірювання масової частки жиру. Чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2017.
6. ДСТУ ISO 936:2008 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT). Чинний від 2008-01-01.

Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 30 с.

7. Тваринні білки ТД «Технологія Трейд». URL: <https://www.tr.in.ua/products/nutritional-supplements/animal-proteins> (дата звернення 12.04.20)

Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress "European Research Area: Status, Problems and Prospects"*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. S. 85–89.

8. Чередніченко О.О. До питання виробництва і збереження якості м'яса та м'ясопродуктів. *Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту*. 2007. №. 110 (ч. 2). С. 163–165.

REFERENCES:

1. Bal-Prylypko L.V. (2010). Aktualni problemy ta kharakterystyka stanu miasnoi promyslovosti Ukrainy. [Actual problems and characteristics of the state of the meat industry of Ukraine]. *Miasnoe delo*. Kyiv. № 9. С. 4–17. [in Ukrainian].
2. Bal-Prylypko L.V. (2012). Innovatsiini tekhnolohii yakisnykh ta bezpechnykh miasnykh vyrobiv. [Innovative technologies of high-quality and safe meat products]: monohrafiia. Kyiv : Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy, 207 c. [in Ukrainian].
3. Bal'-Prilipko, L.V., Patyka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., Brona, A.I. (2016). Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. *Mikrobiologichnyi zhurnal*. Vol. 78(3). P. 99–111. [in Ukrainian].
4. Tekhnolohiia produktiv kharchuvannia funktsionalnoho pryznachennia [Technology of functional food products]. (2008) : monohrafiia / Peresichnyi M.I. ta in.; za red. M.I. Peresichnoho. Kyiv : KNTU. 718 c. [in Ukrainian].
5. DSTU 8380:2015 Miaso ta miasni produkty. Metod vymiriuvannia masovoi chastky zhyru. [Meat and meat products. The method of measuring the mass fraction of fat]. (2017). Chynnyi vid 2017-07-01. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
6. DSTU ISO 936:2008 Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia masovoi chastky zahalnoi zoly [Meat and meat products. The method of determining the mass fraction of total ash].(2008). (ISO 936:1998, IDT). Chynnyi vid 2008-01-01. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 30 c. [in Ukrainian].
7. Tvarynni bilky TD "Tekhnolohiia Treid". [Animal proteins TD "Technology Trade"]. URL: <https://www.tr.in.ua/products/nutritional-supplements/animal-proteins>. (data zvernennia 12.04.20). [in Ukrainian].
8. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety

industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress "European Research Area: Status, Problems and Prospects"*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. S. 85–89. [in Ukrainian].

9. Cherednichenko O.O. (2007). Do pytannia vyrobnytstva i zberezhenia yakosti miasa ta miaso-

produktiv. [To the issue of production and preservation of the quality of meat and meat products]. *Nauk. visn. Nats. ahrar. un-tu*. № 110 (ч. 2). С. 163–165. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 01 березня 2023 року

УДК 664.644.2

Рогова А. Л.,

rogovaal.th@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0345-4548,

Researcher ID HNI-2739-2023,

к.е.н., доц., доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи,

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Гризовська Л. О.,

lilihka791@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2298-6793,

Researcher ID 57221106763,

к.е.н., доц., доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи,

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Чоні І. В.,

inna.choni@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5156-4741,

Researcher ID HNI-2909-2023,

к.т.н., доц., доцент кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства,

Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКУ ШИПШИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНИХ ВИРОБІВ

Анотація. Розглянуто доцільність використання порошку з плодів шипшини в технології бісквітних виробів для збагачення на вітамін С. Метою даної статті є визначення оптимальних параметрів висушування плодів шипшини з метою максимального збереження аскорбінової кислоти; дослідження впливу порошку шипшини різної концентрації на фізико-хімічні (вологість, пористість) і органолептичні показники готового бісквіту. Проведено аналітичний огляд літератури щодо збагачення борошнених кондитерських виробів біологічно активними речовинами за рахунок порошків з нетрадиційної сировини. Проаналізовано можливість використання порошку з плодів шипшини з метою підвищення харчової цінності в інших технологіях зокрема у виробництві хлібобулочних виробів. Встановлено, що плоди шипшини є природним полівітамінним концентратом, який є основною рослинною сировиною для вітамінної промисловості. Але конкретний вміст харчових речовин у шипшині за літературними даними дуже розрізняється, що обумовлено сортом, місцем вирощування, кліматичними і погодними умовами. Запропоновано спосіб висушування шипшини з використанням НВЧ – енергопідводі. Досліджено вплив порошку шипшини на фізико-хімічні та органолептичні показники якості готових пончиків. Визначено, що максимальне дозування добавки в кількості 25% від маси пшеничного борошна вищого татунку призводить до зниження якості готових виробів. Запропоновано вводити добавку разом з борошном пшеничним на стадії замісу тіста. Відмічено, що додавання порошку шипшини призводить до збільшення пористості. На основі органолептичної оцінки та фізико-хімічних досліджень готових виробів обґрунтовано раціональне дозування порошку шипшини в технології бісквітного напівфабрикату, яке становить 20% взамін пшеничного вищого татунку. Готові вироби відрізняються високими споживчими властивостями. Кількість вітаміну С у випеченому бісквіті складає $55,6 \pm 0,5$ мг у 100 г, що наближено добовій потребі людини.

Ключові слова: бісквітний виріб, порошок шипшини, вітамін С, пористість, вологість.

Rohova A. L.,

rogovaal.th@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0345-45-48,

Researcher ID HNI-2739-2023,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Tourism and Hotel and Restaurant Business,

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi

Grisovska L. O.,

lilihka791@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2298-6793,

Researcher ID 57221106763,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Tourism and Hotel and Restaurant Business,

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi

Choni I. V.,

inna.choni@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5156-4741,

Researcher ID HNI-2909-2023,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department Technologies of Food Production and Restaurant Industry,

Poltava University of Economics and Trade, Poltava

RATIONALE FOR THE USE OF ROSEHIP POWDER IN THE TECHNOLOGY OF BISCUIT PRODUCTS

Abstract. *The article discusses the expediency of using rosehip fruit powder in the technology of biscuit products for enrichment with vitamin C. The purpose of this article is to determine the optimal parameters for drying rosehip fruits in order to preserve ascorbic acid as much as possible; study of the effect of rosehip powder of different concentrations on the physicochemical (moisture, porosity) and organoleptic parameters of the finished biscuit. An analytical review of the literature on the enrichment of flour confectionery products with biologically active substances at the expense of powders from non-traditional raw materials was conducted. The possibility of using rose hip powder to increase its nutritional value in other technologies, in particular in the production of bakery products, was analyzed. It has been established that the fruits of rose hips are a natural multivitamin concentrate, which is the main plant raw material for the vitamin industry. But the specific content of nutrients in rose hips varies greatly according to literature, which is due to the variety, place of cultivation, climatic and weather conditions. A method of drying rose hips using microwaves is proposed. The effect of rosehip powder on the physicochemical and organoleptic quality indicators of finished products was studied. It was determined that the maximum dosage of the additive in the amount of 25% of the weight of wheat flour of the highest grade leads to a decrease in the quality of finished products. It is proposed to introduce the additive together with wheat flour at the stage of dough kneading. It was noted that the addition of rosehip powder leads to an increase in porosity. On the basis of organoleptic evaluation and physicochemical studies of finished products, the rational dosage of rose hip powder in the technology of semi-finished biscuit, which is 20% instead of wheat of a higher grade, is substantiated. Finished products are characterized by high consumer properties. The amount of vitamin C in the baked biscuit is 55.6 ± 0.5 mg per 100 g, which is close to the daily human need.*

Key words: biscuit, powder, rose hips, vitamin C, porosity, moisture.

JEL Classification: L66, O32.

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-10

Постановка проблеми. Борошняні кондитерські вироби (БКВ) не входять до складу «продуктового кошика» і не є товарами першої необхідності, але вважаються продуктами харчування, які користуються великим попитом у населення, насамперед завдяки вишуканим смаковим властивостям. Значення кондитер-

ських виробів у харчуванні зумовлено їх високою енергетичною цінністю, яка забезпечується значним вмістом цукрів, а у деяких виробках і жирів. Борошняні кондитерські вироби займають значну частку в загальному обсязі виробництва кондитерської продукції і характеризуються широким асортиментом [1].

Попит на таку продукцію з кожним роком зростає. І споживач, перш за все, має бути задоволений від покупки виробів, виготовлених з високоякісної сировини, які мають функціональні властивості, підвищену поживну та біологічну цінність.

Однією із сучасних проблем раціонального харчування є надходження до організму недостатньої кількості біологічно активних речовин, в тому числі і вітамінів. Це пов'язане не лише з різкими сезонними коливаннями вмісту вітамінів в таких продуктах як овочі, фрукти тощо, але й зумовлене все зростаючим споживанням рафінованих продуктів, що бідні на такі речовини або зовсім їх не містять. Тому нагальною є потреба підвищення вмісту вітамінів в раціонах, в тому числі, шляхом вітамінізації харчових продуктів масового споживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективною сировиною для збагачення БКВ являються порошки з нетрадиційної рослинної сировини, оскільки свіжа продукція є сезонною сировиною і не забезпечує регулярного надходження біологічно активних речовин до харчових раціонів. Під час сушіння із рослинних об'єктів видаляється волога, концентрація речовин у клітинному соці і його осмотичний тиск збільшуються, що перешкоджає розвитку мікроорганізмів. За хімічним складом сушені плоди і ягоди являють собою концентроване джерело фізіологічно-корисних нутрієнтів – пектинових, мінеральних речовин, вітамінів, органічних кислот, поліфенолів тощо [2].

Подрібнення висушеної рослинної сировини до порошкової фракції дозволяє стабілізувати біологічно активні сполуки, підвищити біодоступність вітамінів і мінеральних речовин за рахунок руйнування міжмолекулярних зв'язків; значно збільшити питому активну поверхню засвоєння продукту. Також фітопорошки характеризуються високими органолептичними показниками, високою концентрацією біологічно активних речовин і низьким вмістом вологи, що дозволяє зберігати їх впродовж тривалого часу без втрати якості.

Овочеві та ягідні порошки, на відміну від пюре і соків, є концентратами вихідної сировини, довше зберігають свої якісні показники, краще транспортуються. Завдяки цінному хімічному складу вони є перспективною сировиною для збагачення кондитерських виробів, наявність у складі деяких з них забарвлюваних речовин дозволяє використовувати їх у якості натуральних барвників, присутність харчових волокон та поліфенолів позитивно впливає на тривалість зберігання продукції [3].

Обґрунтовано та розроблено технологію використання яблучного порошку для виробництва фруктового бісквіту, пряників [4]. Автором встановлено, що додавання порошку з яблук до виробів у кількості 10% дозволяє одержати високоякісну готову продукцію, продовжує термін зберігання, підвищує біологічну цінність.

Запропоновано використання порошоків з тропічної сировини (бананів та ананасів) у технологіях бісквітного, кексового та пісочного напівфабрикатів. Встановлено, що якість готових виробів підвищується не тільки за харчовою цінністю (зростає вміст харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин), а й за фізико-хімічними показниками [5].

Розроблено технологію бісквітних напівфабрикатів з використанням порошоків з калини, горобини та обліпихи. Ця плодово-ягідна сировина поширена майже в усіх регіонах України, що робить її доступною для збагачення БКВ. Завдяки цінному хімічному складу порошки дикорослої сировини збагачують вироби харчовими волокнами, вітамінами (С, В₁, В₂, РР, А, Е), мінеральними речовинами (К, Na, Ca, Mg, P, Fe), β-каротином, пектином, органічними та деякими незамінними амінокислотами [6].

Плоди шипшини – природний полівітамінний концентрат, який є основною рослинною сировиною для вітамінної промисловості. У промислових насадженнях вирощують переважно шипшину коричну і шипшину зморшкувату. Шипшина цінується за свої лікувальні властивості, що зумовлені її складом. Вітамін С – аскорбінова кислота – це одна з головних поживних речовин – антиоксидантів, що знищує вільні радикали і мікробні інфекції, активізує природні захисні механізми людини. Плоди шипшини багаті також на мінеральні та інші біологічно активні речовини. Що стосується інформації стосовно конкретного вмісту харчових речовин у шипшині, то літературні дані дуже розрізняються [7–10]. Це зумовлено багатьма факторами: сортом шипшини, місцем вирощування, кліматичними і погодними умовами.

Згідно з інформаційними джерелами є пропозиції щодо використання порошоків з плодів шипшини в технології хлібобулочних виробів, як продуктів, що найбільш споживаються населенням. Дослідження показали, що внесення порошку із плодів шипшини (розмір часточок не перевищував 165 мкм) у кількості 35...60% від маси сировини, спричиняє погіршення якості готових виробів [11]. Тому запропоновано використовувати цю добавку у вигляді екстракту [12] або вітамін-

ного настою [13]. Це дозволяє вилучити комплекс біологічно активних речовин з добавки та видалити небажані фракції, що негативно впливають на якість хлібобулочної продукції. Однак, такий спосіб не може бути застосований для бісквітних виробів, технологія виготовлення яких не передбачає використання рідкої основи.

Постановка завдання. Мета роботи – розробка оптимальних параметрів сушіння шипшини для максимального збереження вітаміну С, визначення раціонального дозування порошку шипшини до бісквітного напівфабрикату для збагачення аскорбіновою кислотою на основі дослідження його органолептичних і фізико-хімічних показників якості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вітамін С (аскорбінова кислота) легко руйнується під час технологічної обробки. Тривалий вплив повітря і нагрівання в присутності кисню руйнує аскорбінову кислоту, таким чином стабільність вітаміну С у збагаченому продукті буде залежати від самого продукту та технології його виробництва.

Для отримання порошку шипшини на першому етапі обирали спосіб висушування, який забезпечував би максимальне збереження вітаміну С. Об'єктом обрана шипшина зморшкувата сорту «Ювілейний».

Висушування м'якої шипшини проводили у спеціальному апараті НВЧ з енергопідводом зі зниженням тиску в робочій зоні (вакуумна сушка), який використовується для сушіння пряних і лікарських рослин [14]. Для порівняння використовували сушильну шафу з температу-

рою 55°C. Висушування тривало до постійної маси. У кожному зразку визначили вміст сухих речовини та вітаміну С (табл. 1).

За результатами досліджень (табл. 1) встановлено, що найкраще зберігається вітамін С при висушуванні у НВЧ з частотою 800 мГц. Збереглося 94% вітаміну С (у перерахунку на сухі речовини). Найкраще збереження вітаміну С при даних параметрах можна пояснити наступними факторами: короткий час теплової дії (лише 5 хв.); зниження тиску призводить до зниження концентрації кисню і уповільнює окислення вітаміну С; інактивація ферменту, який міститься в тканинах шипшини – аскорбіназа, що окислює аскорбінову кислоту з утворенням дегідроаскорбінової кислоти і перекису водню.

Висушена сировина має колір від оранжево-червоного до бурувато-червоного, без запаху, кислувато-солодкого смаку; стінки плодів тверді, із блискучою, рідше матовою поверхнею. Після висушування плоди подрібнювали до тонко дисперсного стану з розміром часток від 45 до 70 мкм. Для порівняння – ступінь дисперсності борошна становить 40 мкм.

За результатами попередніх досліджень встановлено, що порошок шипшини доцільно вводити на стадії замішування тіста разом з борошном. У разі його внесення на стадії приготування яєчно-цукрової суміші більш крупний порівняно з борошном розмір часточок порошку та високий вміст у них клітковини призводить до зниження об'ємної маси суміші. Це негативно впливає на пористість готових виробів.

Таблиця 1

Параметри та розрахункові показники висушування

Спосіб сушіння	Параметри висушування		Характеристики порошку		
	Тривалість, хв.	Температура, °С	Масова частка сухих речовин, %	Вологість, %	Вміст вітаміну С, мг
Сира шипшина	-	-	34	66	590
НВЧ, частота, 800 мГц	5	-	86	14	1430
НВЧ частота, 600 мГц	8	-	85,7	14,3	1355
НВЧ частота, 450 мГц	13	-	85,5	14,5	1281
Сушильна шафа	480	55	85,7	14,3	932,1

Таблиця 2

Характеристика модельних зразків бісквітів (на 100 г)

Номер зразка	Вміст добавки, % від маси борошна	Маса порошку шипшини, г	Вміст вітаміну С у складі добавки, мг
1 (контроль)	-	-	0
2	15,0	4,2	60,06
3	20,0	5,6	80,08
4	25,0	7,0	100,52

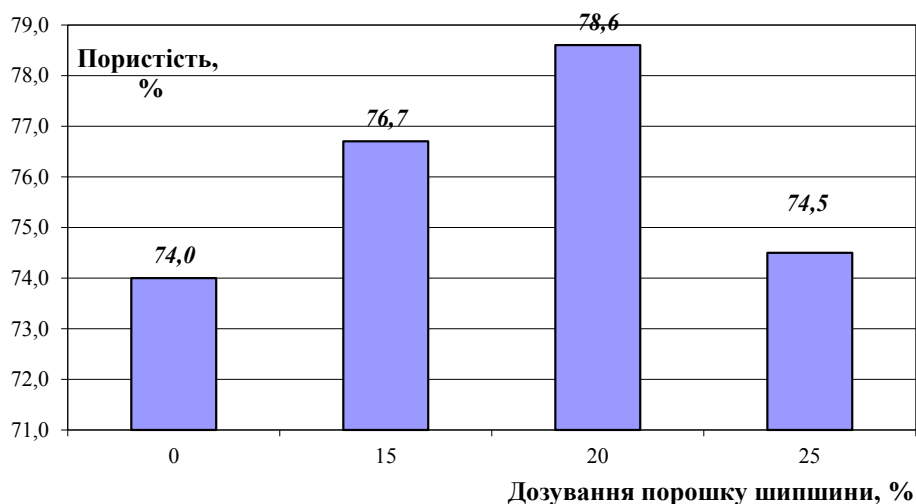


Рис. 1. Вплив порошку шипшини на пористість бісквітних виробів

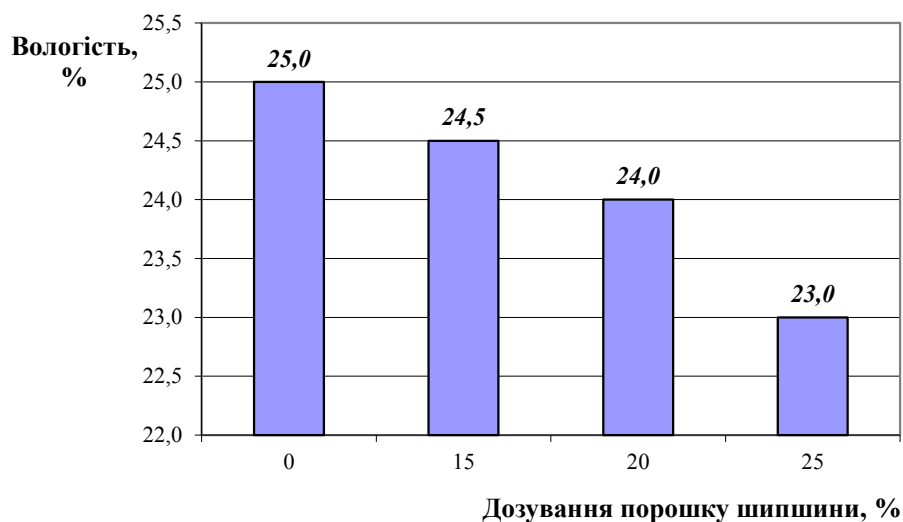


Рис. 2. Вплив порошку шипшини на вологість бісквітних виробів

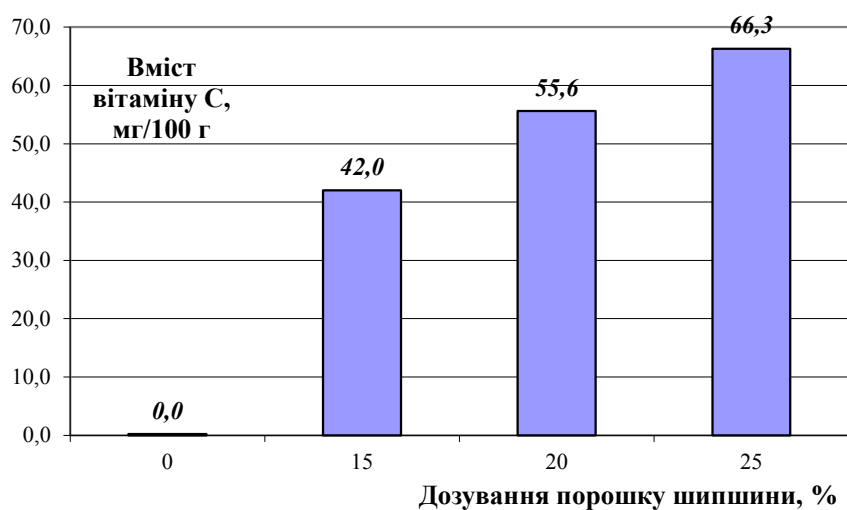


Рис. 3. Залежність кількості вітаміну С у готовому виробі від концентрації порошку шипшини

Зразки бісквітних напівфабрикатів виготовляли із заміною борошна на різну кількість порошку шипшини (табл. 2). За контроль було прийнято бісквіт основний без порошку.

Аналіз готових виробів проводили після їх остигання. Якість випеченого бісквітного напівфабрикату оцінювали за пористістю, вологістю, структурно-механічним властивостям м'якуша, органолептичним показникам. У готових виробках визначали також вміст вітаміну С. Органолептична оцінка якості зразків бісквітів здійснювалась за такими показниками, як форма, стан і колір поверхні, структура пористості, промес, еластичність, стан м'якуша, смак і запах.

Пористість зразків визначали стандартним методом прибором Журавльова (рис. 1).

З одержаних результатів можемо спостерігати, що при додаванні порошку шипшини пористість готових виробів покращується, особливо у зразку №2. Це можна обґрунтувати тим, що полісахариди порошку (клітковина) адсорбуються на поверхні поділу фаз газ-рідина і взаємодіють із білками яєць, що призводить до підвищення щільності міжфазного шару. У результаті стабілізуються структурно-механічні властивості піни, внаслідок чого з'являється можливість інтенсивного насичення системи повітрям, яка при випіканні закріплюється у дрібнопористий тонкостінний м'якуш. Зниження пористості із збільшенням концентрації добавки пояснюється седиментаційним осадженням її часточок.

За стандартами вологість бісквітного напівфабрикату повинна становити $25,0 \pm 3,0\%$. Проведені дослідження показали, що зі збільшенням вмісту шипшини у тісті кількість вологи зменшується, але знаходиться в межах норми (рис. 2).

Це можна пояснити тим, що до складу шипшини входить клітковина, яка характеризується хорошою водопоглинальною здатністю, але завдяки тому, що основна частина вологи поглинається капілярно, вона легко видаляється в процесі випікання. Порівняно з порошком шипшини борошну притаманні значно кращі водоутримувальні властивості. Але внесення добавки здійснюється саме за рахунок борошна, як наслідок, кількість складових, здатних до утримування вологи під час випікання, знижується.

Вміст вітаміну С визначали йодометричним методом. Вміст вітаміну С в бісквітному напівфабрикаті прямо пропорційно концентрації введеного порошку шипшини (рис. 3).

При випікання бісквітного напівфабрикату відбувається значні втрати вітаміну С (приблизно 40%), це пояснюється тим, що аскор-

бінова кислота не стійка до дії високих температур. Але кількість вітаміну, що залишалась, наближена до добової потреби людини в цьому вітаміні, яка складає 75...100 мг. Зокрема, в 100 г бісквіту з 20% добавки міститься 55,6 мг вітаміну С. Для того, щоб продукт можна було вважати збагаченим, вміст біологічно активної речовин у ньому має бути достатнім для задоволення за його рахунок не менше 15% (оптимально 25...50%) середньої добової потреби в цьому нутрієнті за звичайного рівня споживання продукту.

На наступному етапі проводили органолептичну оцінку якості готових виробів. Встановлено, що при збільшенні кількості добавки, структура тіста та випеченого бісквіту майже не змінюється, лише за концентрації порошку шипшини 25% колір м'якуша набуває неприємного затемнення, погіршується смак готового виробу. Таким чином раціональним є застосування порошку шипшини в технології бісквітного напівфабрикату в кількості 20% від маси борошна.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Встановлено, що для максимального збереження вітаміну С доцільним є отримання порошку плодів шипшини шляхом висушування в апараті НВЧ з енергопідводом з частотою 800 мГц з подальшим подрібненням до розміру часточок 40...75 мкм. Виявлено, що раціональним є використання добавки під час виготовлення бісквітного напівфабрикату в кількості 20% від маси борошна. Такий виріб має добрі органолептичні показники та кращу пористість порівняно з контролем. Крім того, вміст вітаміну С у ньому складає $55,6 \pm 0,3$ мг/100 г, що наближено до добової потреби людини.

Подальші дослідження пов'язані із визначенням впливу добавки на термін зберігання бісквітного напівфабрикату та втрати при цьому вітаміну С.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Резвих Н.І., Федоренко Л.Є. Аналіз споживання борошняних кондитерських виробів у харчуванні людини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5). 2019. С. 77–82.
2. Мирошник Ю.А., Медвідь І.М., Шидловська О.Б., Доценко В.Ф. Використання порошоків калини, горобини та обліпихи в технології бісквітного напівфабрикату. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. Том 1. № 46. 2015. С. 166–170.
3. Жукова В.Ф., Тарасенко В.Г. Поліпшення якості кондитерських виробів за рахунок використання нетрадиційної сировини. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. № 1–2(3–4) (2021).

URL: <http://itsf.chdtu.edu.ua/issue/view/14545> (дата звернення 15.01.2023 р.).

4. Калакура М.М., Ратушенко А.Т., Бублик Г.А. Оптимізація якості кондитерських виробів із використанням яблучного порошку. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 3. С. 12–17.

5. Костюк В.С. Удосконалення технологій борошняних кондитерських виробів на основі використання нових рецептурних компонентів. URL: <https://sworld.education/konfer33/1251.pdf>. (дата звернення 15.01.2023 р.).

6. Мирошник Ю.А., Доценко В.Ф. Досвід використання порошоків з нетрадиційної рослинної сировини в технології борошняних кондитерських виробів. *Modern engineering and innovative technologies* – 2019. Issue 8, Part. 2. С. 65–71.

7. Таблиця хімічного складу та енергетичної цінності деяких продуктів харчування. URL: <https://znaimo.gov.ua/media/pdf> (дата звернення 15.01.2023 р.).

8. Шипшина: користь та шкода ягоди. Склад та протипоказання. URL: https://food.vesti.ua/uk/shipovnik/#105710861089109010721074_1080_1087108010971077107410721103_10941077108510851086108910901100. (дата звернення 10.01.2023 р.).

9. Шайтан І.М., Клименко С.В., Клеєва Р.Ф., Анпілогова В.А.. Високівітамінні плодови культури. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=240https://agromage.com/stat_id.php?id=240 (дата звернення 15.01.2023 р.).

10. Шубін О.О. Плоди шипшини коричної як добавка до різних страв. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини* : матеріали між нар. наук.-практ. конф. (ДонДУЕТ, Донецьк, 21–22 березня 2013 р.). Донецьк, 2013. С. 252–253.

11. Євчук Я.В. Удосконалення технології виготовлення хліба з використанням порошку із плодів шипшини. *Досягнення та концептуальні напрями вирошування малопоширених плодово-ягідних культур та переробки їх сировини* : збірник матеріалів Першої Всеукраїн. наук.-практ. конф. (Київ, 19 грудня 2019 р.). Київ, 2019. С. 251–253.

12. Lebedenko T., Korkach H., Kozhevnikova V., Novichkova T. (2019). Methods of regulating physical properties of dough using phytoextracts. *Food Science and Technology*. 12(4), 52–62. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v12i4.1182> (дата звернення 20.01.2023 р.).

13. Чоні І.В., Рогова А.Л. Вплив порошку плодів шипшини на показники якості виробів із дріжджового тіста. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві* та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі», матеріали між нар. наук.-практ. конф. (Київ, НУХТ, 17 листопада 2020 р.). Київ, 2020. С. 64–65.

14. Бичков Я.М. Розробка апарата та дослідження процесу обробки пряно-ефірної сировини при розрідженні з НВЧ-енергопідводом : дис... канд. техн. наук : 05.18.12. Донецьк, 2005. 189 с.

REFERENCES:

1. Rezvykh N.I., L.Ie. Fedorenko Analiz spozhyvannia boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv u kharchuvanni liudyny. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Seria: Tekhnichni nauky, (5). 2019. S. 77–82.

2. Myroshnyk Yu.A., Medvid I.M., Shydlovska O.B., Dotsenko V.F. Vykorystannia poroshkiv kalyny, horobyny ta oblipykhy v tekhnologii biskvitnoho napivfabrykatu. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii*. Tom 1, № 46. 2015. S. 166–170.

3. Zhukova V.F., Tarasenko V.H. Polipshennia yakosti kondyterskykh vyrobiv za rakhunok vykorystannia netradytsiinoi syrovyny. *Innovatsii ta tekhnologii v sferi posluh i kharchuvannia*. № 1–2(3–4) (2021). URL: <http://itsf.chdtu.edu.ua/issue/view/14545> (дата звернення 15.01.2023 р.).

4. Kalakura M.M., Ratushenko A.T., Bublik H.A. Optymizatsiia yakosti kondyterskykh vyrobiv iz vykorystanniam yabluchnoho poroshku. *Tekhnolohycheskyi audyt y rezervy proyzvodstva*. 2016. № 3. S. 12–17.

5. Kostiuk V.S. Udoskonalennia tekhnologii boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv na osnovi vykorystannia novykh retsepturnykh komponentiv. URL: <tps://sworld.education/konfer33/1251.pdf>. (дата звернення 15.01.2023 р.).

6. Myroshnyk, Yu.A., Dotsenko V.F. Dosvid vykorystannia poroshkiv z netradytsiinoi roslynnoi syrovyny v tekhnologii boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv. *Modern engineering and innovative technologies* – 2019. Issue 8, Part. 2. S. 65–71.

7. Tablytsia khimichnoho skladu ta enerhetychnoi tsinnosti deiakykh produktiv kharchuvannia. URL: <https://znaimo.gov.ua/media/pdf> (дата звернення 15.01.2023 р.).

8. Shypshyna: koryst ta shkoda yahody. Sklad ta protypokazannia. URL: https://food.vesti.ua/uk/shipovnik/#105710861089109010721074_1080_1087108010971077107410721103_10941077108510851086108910901100. (дата звернення 10.01.2023 р.).

9. Shaitan I.M., Klymenko S.V., Kleieva R.F., Anpilohova V.A.. Vysokovitaminni plodovi kultury. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=240https://agromage.com/stat_id.php?id=240 (дата звернення 15.01.2023 р.).

10. Shubin O.O. Plody shypshyny korychnoi yak dobavka do riznykh strav. *Kharchovi dobavky. Kharchuvannia здорової та хворої людини, матеріали між нар. наук.-практ. конф. (ДонДУЕТ, Донецьк, 21–22 березня 2013 р.). Donetsk, 2013. S. 252–253.*

11. Yevchuk Ya.V. Udoskonalennia tekhnolohii vyhotovlennia khliba z vykorystanniam poroshku iz plodiv shypshyny. Dosiahnennia ta kontseptualni napriamy vyroshchuvannia maloposhyrenykh plodovo-yahidnykh kultur ta pererobky yikh syrovyny, zbirnyk materialiv Pershoi Vseukrain. nauk.-prakt. konf. (Kyiv, 19 hrudnia 2019 r.) Kyiv, 2019. S. 251–253.

12. Lebedenko T., Korkach H., Kozhevnikova V., Novichkova T. (2019). Methods of regulating physical properties of dough using phytoextracts. *Food Science and Technology*. 12(4), 52–62. URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v12i4.1182> (data zvernennia 20.01.2023 r.).

13. Choni I.V., Rohova A.L. Vplyv poroshku plodiv shypshyny na pokaznyky yakosti vyrobiv iz drizhdzhovoho tista. Innovatsiini tekhnolohii u khlibopekarskomu vyrobnytstvi» ta «Zdobutky ta perspektyvy rozvytku kondyterskoi haluzi», materialy mizh narod. nauk.-praktych. konf. (Kyiv, NUKhT, 17 lystopada 2020 r.). Kyiv, 2020. S. 64–65.

14. Bychkov Ya.M. Rozrobka aparata ta doslidzhennia protsesu obrobky priano-efirnoi syrovyny pry rozridzhenni z NVCh-enerhopidvodom : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.12. Donetsk, 2005. 189 s.

Стаття надійшла до редакції 25 лютого 2023 року

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 641/642:613:579.8

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

Ощипок О. І.,
orestbiz7@gmail.com,
магістр,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Туриця М. Ю.,
maksrt1@gmail.com,
магістр,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

СТРАТЕГІЯ БЕЗПЕЧНОСТІ В ІНДУСТРІЇ ХАРЧУВАННЯ

Анотація. Розглянуто розробку та застосування сучасних антибактеріальних і дезінфікуючих засобів. Показано, що підвищення безпеки їжі є актуальним у всьому світі. Однією з ключових причин захворювань є мікробна контамінація продуктів. Вказано на необхідність створення нових ефективних засобів знезараження широкого спектра дії, які не завдають шкоди довкіллю. Відзначено, що для збереження матеріалів та виробів, що контактують із харчовими продуктами, у Європейському Союзі є низка обов'язкових норм, закріплених у правових актах. Розглянуті різні дієві аспекти забезпечення безпеки технологічних процесів харчових виробництв та громадського харчування, принципи встановлення і застосування мікробіологічних критеріїв для харчових продуктів. У системі засобів боротьби з інфекціями та їх неспецифічної профілактики провідне місце займає дезінфекція, яка орієнтована на припинення передачі збудників інфекційних захворювань методом знищення або вилучення патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів із навколишнього середовища. Наведено аналіз хімічних речовин, що застосовуються в дезінфекційній практиці, вимоги до застосування нових дезінфікуючих хімічних речовин. Рекомендовано новий дезінфікуючий і миючий продукт «Дезолон», описані його основні характеристики. Проаналізовано дезінфікуючі засоби, головними діючими речовинами яких є спирти, четвертинні амонієві сполуки, феноли, хлорактивні і йодактивні сполуки, оцтова кислота, формальдегід, полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (гуадин). Показана технологія отримання та застосування електрохімічно активованих розчинів (ЕХАР) для забезпечення безпеки харчової продукції і харчового виробництва. Аноліт ефективно дезінфікує патогенні мікроорганізми на обробних дошках та знищує *Enterobacter aerogenes* та *S. aureus* на різних поверхнях обладнання, не викликаючи пошкодження нержавіючої сталі. Дослідження механізмів впливу метастабільних ЕХАР на різні харчові та водні системи дозволить розробити нові підходи до забезпечення якості, біологічної безпеки та підвищення ефективності виробництва споживчих товарів.

Ключові слова: харчові продукти, контамінація, дезінфекція, електрохімічно активовані розчини, системи, біологічна безпека.

Oshchypok I. M.,

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

Oshchypok O. I.,

orestbiz7@gmail.com,

Master's degree student,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Turytsia M. Y.,

maksrt1@gmail.com,

Master's degree student,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

SAFETY STRATEGY IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract. *The development and use of modern antibacterial and disinfectant agents are considered. It is shown that improving food safety is relevant all over the world. One of the key causes of disease is microbial contamination of products. It is pointed out the need to create new effective means of disinfection of a wide range of action that do not harm the environment. It was noted that for the preservation of materials and products in contact with food products, the European Union has a number of mandatory norms determined in legal acts. Various effective aspects of ensuring the safety of technological processes of food production and catering, the principles of determining and applying microbiological criteria for food products are considered. In the system of means of fighting infections and their non-specific prevention, the leading place is occupied by disinfection, which is aimed at stopping the transmission of infectious disease agents by destroying or removing pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms from the environment. The analysis of chemicals used in disinfection practice, the requirements for the use of new disinfectant chemicals, is presented. The new disinfectant and detergent product "Desolon" is recommended, its main characteristics are revealed. Disinfectants, the main active substances of which are alcohols, quaternary ammonium compounds, phenols, chloractive and iodide compounds, acetic acid, formaldehyde, polyhexamethyleneguanidine hydrochloride (guadine), were analyzed. The technology of obtaining and using electrochemically activated solutions (ECAS) to ensure the safety of food products and food production. Anolyte effectively disinfects pathogenic microorganisms on cutting boards and destroys *Enterobacter aerogenes* and *S. aureus* on various equipment surfaces without causing damage to stainless steel. The study of the mechanisms of the impact of metastable ECAS on various food and water systems will allow to develop new approaches to ensure quality, biological safety and increase the efficiency of the production of consumer goods.*

Key words: food products, contamination, disinfection, electrochemically activated solutions, systems, biological safety.

JEL Classification: L23, L53, L66, M14, O14

DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-11

Постановка проблеми. Серед пріоритетних напрямів у стратегії розвитку науково-технологічної діяльності України зазначимо важливість фундаментальних досліджень, зумовлених внутрішньою логікою розвитку науки, що забезпечує готовність країни до великих викликів, які ще не виявлялися і не отримали широкого суспільного визнання, можливості своєчасної оцінки ризиків, зумовлених науково-технологічним розвитком.

Забезпечення безпеки та якості продукції є важливими елементами охорони здоров'я спо-

живачів будь-якої держави. Причиною розробки та застосування ефективного законодавчого регулювання безпеки та якості вироблених і імпортованих у ЄС харчових продуктів були серйозні інциденти, пов'язані з безпекою харчових продуктів у 90-х роках минулого століття. Саме факти потрапляння на ринок ЄС і кінцевих споживачів небезпечних для здоров'я харчових продуктів спонукали Європейський Союз та інші країни світу переглянути свої системи контролю безпеки продуктів харчування і шукати кращі спо-

соби охорони споживачів. І тепер законодавче регулювання безпеки та якості харчових продуктів у країнах-членах Європейського Союзу визнано одним із кращих і ефективних у світі. Світова продовольча і сільськогосподарська організація ООН (ФАО) разом із Всесвітньою організацією охорони здоров'я ще 1963 року створила Комісію Кодекс Аліментаріус як запасний орган із запровадження стандартів на продукти харчування. У межах цієї ініціативи були винайдені та поширені система аналізу ризиків на виробництві НАССР та інтегрований підхід до мережі підприємств виготовлення харчової продукції, що забезпечує збереження кінцевого споживача. Напрацювання Комісії Кодекс Аліментаріус були включені як загальні принципи в законодавство ЄС. У 2000 році Європейським Союзом була розроблена Біла книга безпеки харчових продуктів, що містить теорію формування законної бази виготовлення продуктів харчування і контролю за їх збереженням.

Головну роль в екологічних процесах відіграють мікроорганізми, беручи участь у передачі енергії та речовини в харчових ланцюжках та в біогеохімічних циклах багатьох елементів. Антропогенні дії та застосування антибіотиків (АБ) у медицині та сільському господарстві «форсували» еволюцію бактерій і призвели до появи серед традиційних контамінантів продовольчої сировини штамів, резистентних до АБ, із додатковими факторами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широке поширення у світі стійкості бактерій до АБ є головною причиною ренесансу інфекційних захворювань, тому нагальною потребою стали розробка та застосування антибактеріальних програм. Стійкість до антибіотиків підтримується фільтруючою здатністю полімерного

матриксу, який заповнює міжклітинні простори і зв'язує клітини в єдину структуру. Ця властивість дозволяє уповільнити дифузію антибактеріальних речовин усередину біоплівки (рис. 1) [3; 7; 9]. Сучасні можливості використання нових дезінфікуючих засобів розглядали Кузьмінська О. В., Фенін В. П.

До найбільш безпечних та екологічних технологій можна віднести процеси обробки, базовані на зовнішніх електрофізичних впливах [4; 5; 6]. Прикладом служить технологія отримання екологічно чистого, високоефективного розчину, який спричиняє шкідливий вплив на макроорганізми (людини, тварин, рослин). Таким розчином є розчин хлоркисневих та гідропероксидних оксидантів у воді [2], який має антимікробну активність проти всіх видів і форм мікроорганізмів, не викликає адаптаційних реакцій мікроорганізмів, нешкідливий для багатоклітинних організмів і при деградації перетворюється на звичайну прісну питну воду [1; 4; 5; 6].

Технологія електрохімічної активації (ЕХА) замінює громіздкі хімічні виробництва та комплекси обладнання [2].

Отримання та застосування метастабільних білкових речовин замість традиційних реагентів звичного хімічного складу дозволяє знизити витрату реагентів або виключити їх. Перевагою технології ЕХА є отримання незаражувального розчину на місці споживання у необхідній кількості. Для отримання незаражувального розчину потрібні лише вода (СанПін 2.1.4.1-74-01), сіль харчова кухонна 1-го сорту нейодована або сіль марки «Екстра», електроживлення (50 Гц та 220 В). Розчин, що виробляється установками, відноситься до 4 класу малонебезпечних речовин (ГОСТ 12.1.007-76).

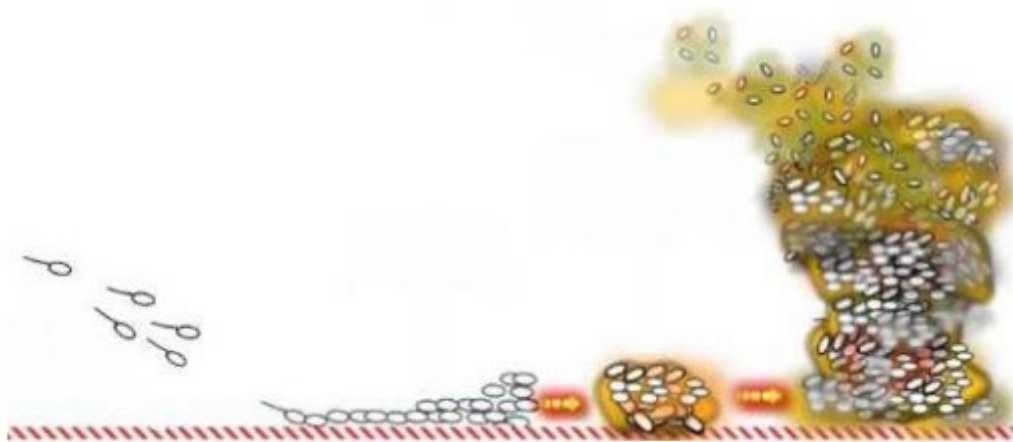


Рис. 1. Модель бактеріальної біоплівки [8]

Правові акти Європейського Союзу щодо збереження матеріалів і виробів, що контактують із харчовими продуктами

1	Регламент ЄС №1935/2004 щодо матеріалів та виробів, які контактують з харчовими продуктами
2	Регламент Комісії ЄС №2023/2006 від 22 грудня 2006 р. щодо відповідної виробничої практики для матеріалів та виробів, які контактують з харчовими продуктами
3	Регламент ЄС № 10/2011 щодо застосування пластмаси
4	Директива №84/500/ ЄС із застосування кераміки
5	Директива 2007/42 щодо застосування реконструйованої целюлози
6	Регламент ЄС №282/2008 щодо застосування переробленої пластмаси
7	Регламент ЄС №450/2009 щодо функціональних та «розумних» матеріалів, що контактують з харчовими продуктами
8	Регламент ЄС №10/2011 щодо вінілхлоридмономерів
9	Регламент № 93/11/ ЄС щодо вивільнення нітрозамінів
10	Регламент № 1895/2005/ЄС щодо використання певних епоксидних похідних тощо

Підвищення безпеки їжі є актуальним у всьому світі. Одна з ключових причин захворювань – мікробна контамінація продуктів [8; 9].

Постановка завдання. У зв'язку з викладеним актуальним завданням є створення нових ефективних засобів знезараження широкого спектра дії, що не завдають шкоди довкіллю. Важливим є пошук методів, спрямованих на забезпечення біологічної безпеки харчової промисловості та громадського харчування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Щодо збереження матеріалів та виробів, що контактують із харчовими продуктами, у Європейському Союзі є низка обов'язкових норм, закріплених у наступних правових актах (табл. 1).

Правова база, що працює в Європейському Союзі, досить широка і може бути адаптована до технологій, що дуже швидко розвиваються, з урахуванням розгорнутих вимог до різних видів матеріалів, упаковки і матеріалу для них.

Розглянемо різні дієві аспекти забезпечення безпечності технологічних процесів харчових виробництв та громадського харчування (рис. 2).

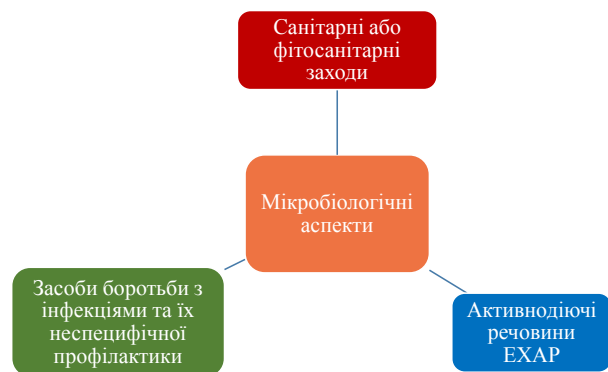


Рис. 2. Аспекти забезпечення безпечності технологічних процесів харчових виробництв та громадського харчування

Мікробіологічні аспекти. Деякі мікроорганізми потрапляють у харчовий ланцюг природ-

Охорони життя або здоров'я від ризиків, що виникають внаслідок проникнення, укорінення або розповсюдження шкідливих організмів, захворювань, організмів, які є носіями захворювань, в тому числі хвороботворних організмів

- Охорони життя чи здоров'я людей та/або тварин від ризиків, що виникають від добавок, забруднюючих речовин, токсинів чи хвороботворних організмів, які містяться у харчових продуктах
- Охорони життя або здоров'я людини від ризиків, що виникають внаслідок захворювань, що переносяться тваринами, рослинами або продукцією, що виробляється з них, або внаслідок проникнення, укорінення або поширення шкідливих організмів
- Уникнення або обмеження іншої шкоди, що заподіяна внаслідок проникнення, укорінення або поширення шкідливих організмів

Рис. 3. Мета проведення санітарних чи фітосанітарних заходів

ним шляхом разом із забрудненою сировиною, інші можуть забруднити харчові продукти на будь-якому з етапів харчового ланцюга. Мікроорганізми в окремих харчових продуктах – це бактерії, віруси, дріжджі, гриби, прості паразити, гельмінти та їх токсини (метаболіти). Лабораторна оцінка мікробіологічних критеріїв є інструментом, широко використовуваним з метою оцінки безпечності, а також якості харчових продуктів. Принципи впровадження мікробіологічних критеріїв харчових продуктів визначено стандартом Codex SAC/GL 21-1997 «Принципи встановлення і застосування мікробіологічних критеріїв харчових продуктів». Дотримуючись цього стандарту, країни визначають запити і ставлять допуски щодо мікроорганізмів у харчових продуктах.

Санітарний або фітосанітарний захід – це будь-який захід, який проводиться з метою (рис. 3):

Санітарні та фітосанітарні заходи вживаються як на рівні одиничного виробника або іншого оператора ринку, громадянських організацій, які опікують стандартизацію, сертифікацію та оцінку відповідності, так і на рівні країни. Вимоги, що висуваються державою, повинні бути враховані у діяльності та документах недержавних організацій стандартизації, сертифікації, оцінки відповідності (стандартах, методичних настановах, технічних умовах тощо). До санітарних або фітосанітарних заходів, які виконує уряд, зокрема, включаються всі нормативно-правові акти, що стосуються питань постачання і безпеки харчових товарів, виробничих процесів та методик виготовлення, процедур випробувань, інспекції та прийняття, розташування порівняно відповідних статистичних способів, процедур відбору зразків та методів аналізу ризику, вимоги до упаковки і маркування, що безпосередньо стосуються безпеки харчових продуктів.

У системі засобів боротьби з інфекціями та їх неспецифічної профілактики провідне місце займає дезінфекція, яка орієнтована на припинення передачі збудників інфекційних захворювань методом знищення або вилучення патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів із навколишнього середовища. Серед основних методів дезінфекції (машинний, фізичний, хімічний, біологічний) саме хіміч-

ний знайшов широке використання в практиці. Так, речовини зазначеної групи найчастіше застосовують у зв'язку з їх доступністю, простотою застосування, широким вибором. Ці хімічні засоби використовують у вигляді емульсій, суспензій, паст, порошків, аерозолів тощо, але найчастіше лише у вигляді водних розчинів. Широке використання їх обумовлено тим, що дрібні крапельки води, що містять дезінфікуючі засоби, легко і швидко адсорбуються оболонкою мікробної клітини. Крім того, дезінфікуючі засоби швидше отримують доступ до мікробної клітини через водну фазу, завдяки чому активніше діють на клітину. Так, всі хімічні речовини, що застосовуються в дезінфекційній практиці, поділяють на кілька груп:

- 1 – хлорвмісні засоби (хлорне вапно, хлораміни, гексахлор тощо);
- 2 – йод, бром та їхні сполуки (йодонат, дибромантин тощо);
- 3 – феноли, крезоли та їхні сполуки (лізол, фенол тощо);
- 4 – окислювачі (перекис водню, надцтова кислота тощо);
- 5 – луги (ідкий натр, кальцинована сода тощо);
- 6 – спирти (етиловий, ізопропіловий тощо);
- 7 – четвертинноамонієві сполуки (дегмін, нірган тощо);
- 8 – гуаніди (хлоргексидин, октенідин тощо);
- 9 – альдегіди (глутаровий альдегід тощо);
- 10 – третинні аміни (аміріль, триацид тощо).

Проте тривале використання того ж самого хімічного препарату призводить до появи стійких форм мікроорганізмів, що вимагає застосування нових дезінфікуючих хімічних речовин, які б відповідали певним вимогам (рис. 4).

Не мати різкого запаху, особливо при використанні на підприємствах харчової промисловості (на молокозаводах, м'ясокомбінатах, оскільки м'ясо й молоко легко його адсорбують) тощо;
Мати високу мікробіологічну ефективність, широку антимікробну дію

Мати високий ступінь стійкості до органічного навантаження (наприклад, за наявності таких речовин, як залишки їжі тощо);

Бути доступними і дешевими у виробництві, зручними для транспортування та достатньо стійкими при зберіганні

Швидко і повністю розчиняються у воді або добре змішуватись з нею, утворюючи стійкі емульсії

Бути безпечними при застосуванні для персоналу;
Діяти швидко і у малих концентраціях

Не бути вибухонебезпечними та легкозаймистими

Бути нескладними при приготуванні робочих розчинів, їх використанні, видаленні

Діяти швидко і у малих концентраціях

Рис. 4. вимоги до застосування нових дезінфікуючих хімічних речовин

Крім того, сучасні хімічні методи засновані на використанні хімічних речовин у поєднанні їх із миючими засобами, що значно підвищує їхню дію.

До дезінфікуючих і миючих засобів можна віднести і новий продукт «Дезолон», основні характеристики якого представлені нижче. Препарати з урахуванням третинних амінів (амфотензидів), до яких і належить «Дезолон», – це новий тип дезінфектантів, інтерес яких обумовлений насамперед їхньою високою мікробіологічною надійністю (функціональні щодо бактерій, у т. ч. мікобактерій, а також грибів, вірусів), низькою токсичністю (відсутністю канцерогенного, тератогенного, ембріотоксичного впливу тощо), непоганими миючими якостями. Порівнювали характеристики препарату на основі третинного аміну «Дезолон» із активними діючими речовинами основних засобів, що дезінфікують. Це дало можливість представити критерії оцінки основних дезінфікуючих засобів, у тому числі і «Дезолону», для знезараження поверхонь. Також разом із фахівцями Інституту епідеміології та інфекційних захворювань імені Л. В. Громашевського АМН України, Центральної санітарно-епідеміологічної станції МОЗ України було досліджено токсичність і безпеку «Дезолону» при його використанні для дезінфекції та передстерилізаційної очистки. Визначено призначення, сферу та метод впровадження, запобіжні заходи безпеки, умови транспортування та зберігання цього препарату. Виявлено основні переваги «Дезолону» порівняно з іншими дезінфікуючими та миючими засобами.

При зіставленні даних деззасобів виявлено їх певні переваги та недоліки. Наприклад, дезінфікуючі засоби, головними діючими речовинами яких є спирти (етиловий, ізопропіловий), ефективні проти вегетативних мікроорганізмів, грибів, мікобактерій, але вони не діють на спори. Крім того, ізопропанол неактивний ще й проти деяких дрібних ліпофільних вірусів. Проте позитивним є те, що ці засоби швидко діють. Але задля досягнення високого рівня антимікробної дії цим препаратам необхідний вологий контакт протягом 5 хвилин. Також ці засоби: швидко спалахують; не дають миючої дії; псують поверхні з лаку, шкіри тощо; інактивуються органічними речовинами; мають всі шанси просушувати та активізувати подразнення шкіри.

Що стосується четвертинних амонієвих сполук, то активність їх має місце по відношенню до грампозитивних і деяких грамнегативних вегетативних мікробів, грибів, ліпофільних вірусів. Вони мають детергентну (мийну) активність,

та їх недоліки полягають у тому, що ці сполуки слабо діють на збудник туберкульозу, гідрофільні віруси. Не діють вони також і на спори, неефективні у присутності органічних матеріалів; просто абсорбуються і нейтралізуються багатьма матеріалами (бавовною, шерстю); несумісні з милом; псують лакові, шкіряні та інші поверхні.

Феноли – це сполуки, які виявляють активність проти широкого діапазону мікроорганізмів. Однак мають такі недоліки: залишають плівку на поверхнях, що піддаються дезінфекції; можуть сушити і викликати подразнення і депігментацію шкіри; інактивуються органічними матеріалами; роз’їдають гуму та деякі пластмаси; потребують контакту з поверхнею протягом не менше 10 хвилин.

Хлорактивні сполуки ефективні проти мікробів (зокрема, мікобактерій), грибів, вірусів. Вони мають високу активність, достатню швидкість дії; низьку ціну, але викликають корозію металів; труднощі при поєднанні з детергентами, інактивуються органічними сполуками, мають всі можливості відбілювати тканини; мають ймовірну канцерогенність при контакті з формальдегідом. Розчини хлорактивних препаратів нестабільні, але у стічних водах вони не розпадаються, а утворюють стійкі галогенорганічні сполуки, досить небезпечні (володіють канцерогенними, мутагенними, тератогенними властивостями).

Йодактивні сполуки ефективні проти бактерій, але мають слабку активність до вірусів, грибів і дріжджів. Вони швидко діють; нетоксичні; виявляють потужну детергентну дію. Їх недоліками є те, що вони: викликають корозію металів; погіршують якість гуми та деяких пластмас; можуть викликати опіки тканин; інактивуються органічними речовинами; залишають плями; не мають спорадичної активності. Така дезінфікуюча сполука, як перекис водню, має широкий спектр активності проти мікроорганізмів (включаючи спори). Крім того, перекис водню не втрачає своєї активності в стані органічних забруднень. Ця речовина не має запаху, аромату, нетоксична; вона безпечна для довкілля; просто видалається з поверхні. Але при потрапленні в очі може викликати опіки; має знебарвлюючий ефект і несумісна з такими металами, як латунь, цинк, мідь, нікель, срібло. Крім того, може створювати негативний ефект на властивості матеріалів ендоскопів; вимагає спеціальних умов збереження.

Оцтова кислота як деззасіб має також широкий спектр активності проти мікроорганізмів, включаючи і спори. Вона швидко діє у низьких концен-

траціях і за низьких температур; володіє високою ефективністю у присутності органічних матеріалів; не вимагає активації; сумісна з багатьма іншими дезінфектантами. Але ця сполука є дорогим деззасобом; може створювати негативний ефект на властивість деяких матеріалів; мати токсичний вплив, а її концентрат може викликати опіки шкіри і слизових оболонок. Широкий діапазон активності проти мікроорганізмів (у т. ч. спор) має і глутаровий альдегід. Ця сполука не пошкоджує вироби з гуми, металів, ефективна у присутності органічних матеріалів; використовується для оптичних приладів. Однак до недоліків цього дезінфектанта можна віднести його мінливість, високу ціну, необхідність активації. Крім того, глутаровий альдегід: може викликати опіки шкіри та слизових; фіксує білкові забруднення, має гострий аромат і надає миючої дії.

Формальдегід – це дезінфікуюча речовина широкого спектра дії (ефективна проти мікроорганізмів, у т.ч. і спор). Не вимагає активації. Але ця сполука має потенційно канцерогенну дію (потрібно дотримуватися обмеження прямого контакту); подразнюючий вплив.

До деззасобів відноситься і полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (гуадин), що має широкий спектр активності. В нього немає різкого запаху; характеризується низькою токсичністю щодо шкірних покривів, очей. Однак у нього відсутня мийна дієздатність; його активність зменшується за наявності органічних сполук; він псує лаковані поверхні, а з хлором утворює нерозчинну жовту плівку. Що стосується деззасобів на базі третинних амінів, до яких відноситься і «Дезолон», то ці препарати мають широкий спектр активності проти мікроорганізмів (грампозитивних, грамнегативних, у т. ч. збудника туберкульозу, вірусів (гепатити, ВІЛ, полівіруси і т.п.), грибів, спор. Вони малотоксичні і стабільні.

Технологія отримання та застосування електрохімічно активованих розчинів (ЕХАР) для забезпечення безпечності харчової продукції. Активуючі речовини ЕХАР – суміш оксидантів, еквівалентна за складом тій, що утворюється в організмах живих істот при фагоцитозі (Знищення сторонніх субстанцій фагоцитами). При деградації розчин оксидантів останнього покоління перетворюється на прісну воду із загальною мінералізацією менше одного грама в літрі. Активні речовини розчину не накопичуються в зовнішньому середовищі, не створюють плівок на поверхнях, не вимагають змивання та дезактивації після застосування.

ЕХА – спосіб безреагентного керування фізико-хімічними параметрами води та водних розчинів, що є ефективним інструментом зеленої хімії. Метастабільний (активований) стан речовин, що досягається в ході ЕХА, характеризується підвищеною реакційною здатністю протягом певного часу.

Процес ЕХА протікає при електрохімічному впливі на речовину в зоні поляризованого електроду електрохімічної системи, коли за малий час через воду проходить електричний струм великої густини при високій перенапрузі. В результаті утворюється ЕХА фракції води аноліт біля аноду і католіт біля катода, які володіють змінними кислотно-основними і окислювально-відновними властивостями. Активація речовини полягає в ефекті тривалого збереження енергії збудженого стану речовини при термодинамічно рівноважних значеннях температури та тиску, а також у ефекті трансформації цієї енергії в ході хімічних реакцій за участю активованих речовин.

Експериментами з дослідження рН та окисно-відновного потенціалу (ОВП) дистильованої води, підданої електрохімічному впливу біля поверхні анода і катода електрохімічної системи, які проводяться протягом багатьох років [Бахір, 1981-2016], встановлено, що рН та ОВП аноліту та католіту дистильованої води набувають аномальні значення в порівнянні зі значеннями, які розраховані на основі законів електролізу, а також значеннями, отриманими моделюванням кислотно-лужних властивостей аноліту і католіту шляхом введення у вихідну дистильовану воду кислоти та лугу.

На рис. 5 наведено результати експериментів із дослідження параметрів ЕХА дистильованої води. Невелика кількість стабільних продуктів електролізу в дистильованій воді дозволяє досліджувати релаксаційні процеси без їх заважаючого впливу, але вимагає особливих умов електрохімічного впливу, що забезпечують зіткнення можливо більшої кількості мікрооб'ємів потоку води з поверхнею електрода і відсутністю надходження в оброблювану воду продуктів електрохімічних реакцій із камери протиелектроду за рахунок електроміграції. Збільшення концентрації йонів електролітів у вихідній воді від кількох десятків до кількох сотень міліграмів у літрі багато разів посилює «активаційну» складову реакційної здатності аноліту і католіту за рахунок варіації коефіцієнта активності в межах, близьких до одиниці, відповідно посилюючи технологічне значення активованої води.

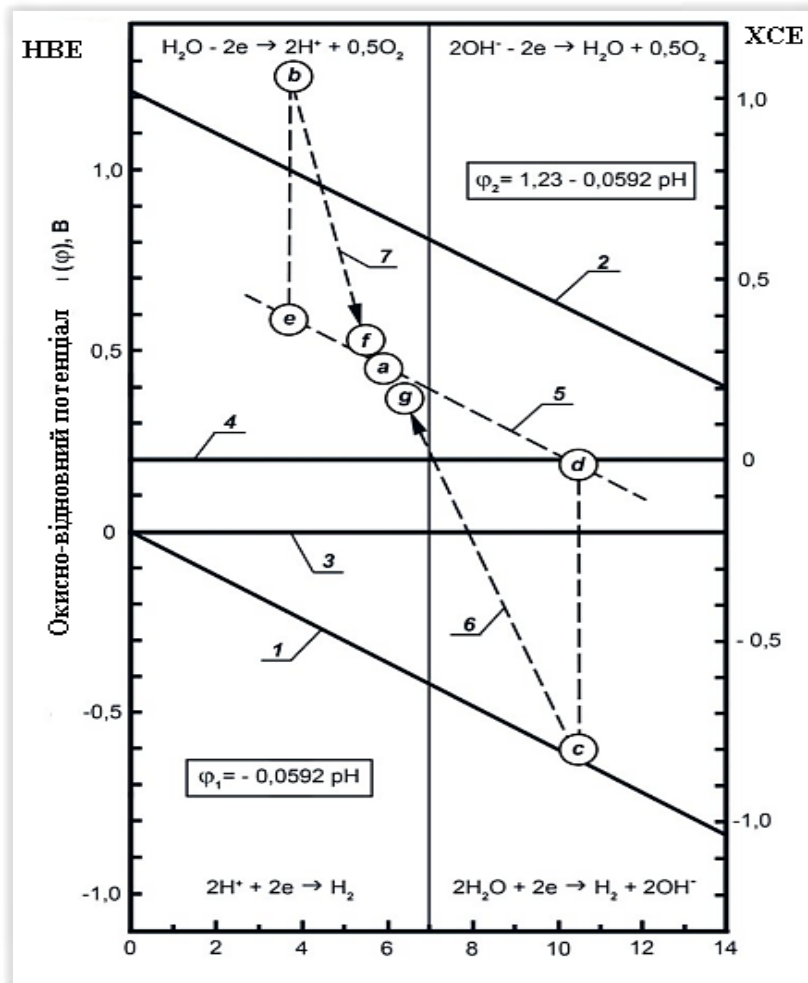


Рис. 5. Співвідношення рН та ОВП при електрохімічному та хімічному регулюванні параметрів дистильованої води,

де 1 та 2 – потенціали відновлення води на інертному катоді ($\varphi_1 = -0,0592$ рН) та окислення на інертному аноді ($\varphi_2 = 1,23 - 0,0592$ рН) відповідно; 3 і 4 – нульові лінії шкал водного (НВЕ) та хлорсрібного (ХСЕ) електродів порівняння; 5 – напрямок зміни рН та ОВП при хімічному регулюванні параметрів води; а – вихідні значення параметрів дистильованої води; b та c – параметри анолізу та католізу відповідно; d та e – параметри хімічних моделей католізу та анолізу відповідно; f і g – параметри анолізу та католізу після закінчення релаксації відповідно [2]

Показано, що електрохімічна нерівноважна дія здатна в десятки разів змінювати реакційну здатність (активність) йонів у розчинах без зміни їхньої концентрації. Значення ж ОВП виходять за межі можливостей хімічного моделювання при даній електропровідності і тому є унікальними.

Аналізуючи ці результати, що демонструють тривалий час аномально високу і аномально низьку активність електронів у воді, що стикаються з поверхнею катода або анода, можна припустити, що і в даному випадку справедливим є принцип Ле-Шательє, відповідно до якого в процесі електрохімічного впливу приелектродне середовище протидіє фізико-хімічним трансформаціям, але, коли вони завершені, зберігає

досягнутий метастабільний стан тривалий час, протидіючи переходу в стан термодинамічної рівноваги з навколишнім середовищем.

На рис. 6 зображено процес отримання в спеціальному елементі з керамічною діафрагмою концентрованого (до 30 %) розчину хлорноватистої кислоти. При цьому в даному елементі керамічна ультрафільтраційна діафрагма перетворюється на аніоноактивну при зміні напрямку градієнта поля тиску на протилежний: від катода до анода.

Керамічна неактивна діафрагма з розмірами пор від 0,01 до 0,1 мкм перетворюється на аніоноактивну мембрану під дією суперпозиції поля тиску (від катода до анода) та електричного поля. Процес забезпечує утворення з розчину хлориду

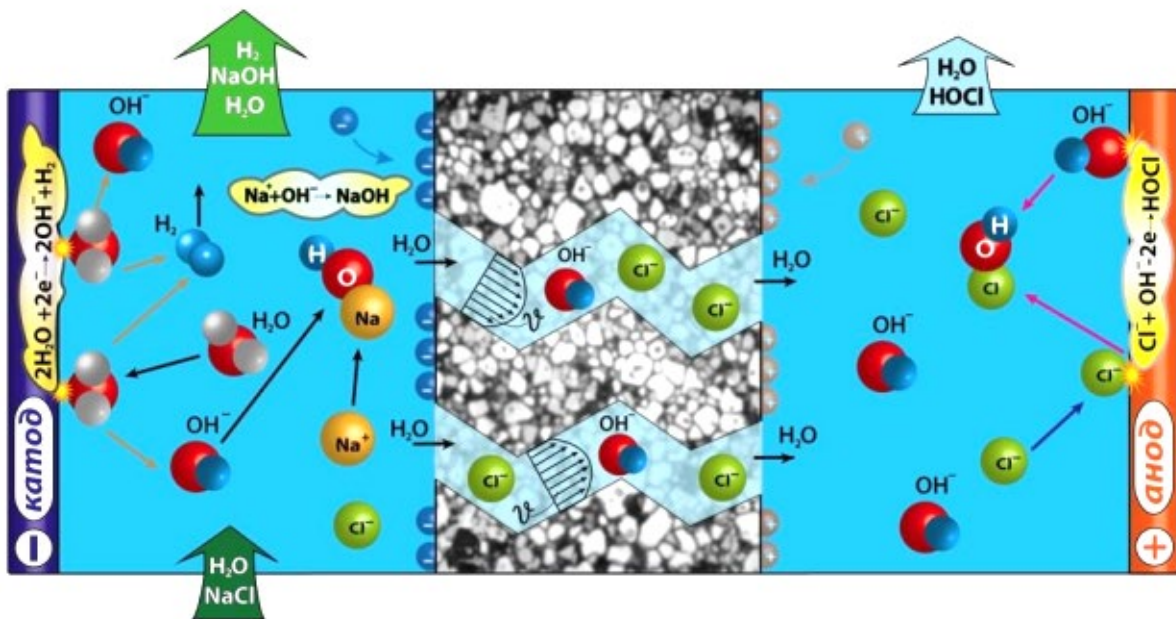


Рис. 6. Процес одержання в спеціальному елементі з керамічною діафрагмою концентрованої розчину хлорноватистої кислоти [2]

натрію розчину каустичної соди, водню та хлорноватистої кислоти з концентрацією до 30%.

Слід зазначити, що швидкість масопереносу (електроміграція плюс фільтрація) у тисячі разів перевищує швидкість дифузійного переміщення йонів у полімерній мембрані.

Практичне використання цього процесу дозволяє принциповим чином вирішити проблему знезараження питної води, стічних вод, за зміною хлору та розчину гіпохлориту натрію (реагує з водою з утворенням неактивного гіпохлориту йону, містить баластові речовини – сіль та гідроксид натрію) на водний розчин лише хлорноватистої кислоти. Введення розчину хлорної кислоти в лінію подачі водопровідної води в кількості, що регламентується санітарно-гігієнічними нормативами по залишковому хлору, дозволяє забезпечити відсутність біоплівки на внутрішніх поверхнях водорозвідних ліній після зворотньоосмотичних фільтрів, що недосяжно при стандартній системі водозабезпечення.

В електрохімічних спеціальних елементах використовуються керамічні діафрагми, які не бояться ні органічних домішок, ні йонів багатовалентних металів у вихідному розчині, ні перепадів тиску, ні змін хімічного складу та концентрації вихідних розчинів, ні багаторазового висихання та зволоження. Саме ці особливості відрізняють їх від мембранних електролізерів і тому вони називаються електрохімічними реакторами. Що стосується найважливішої харак-

теристики мембран – йонселективної провідності, то завдяки йонселективному електролізу з діафрагмою [2] керамічна ультрафільтраційна діафрагма набуває властивостей ефективної йонселективної перегородки при роботі в електричному полі в суперпозиції з полем фільтрації, що задається перепадом тиску.

Мікрофлора не здатна виробити звикання до ЕХАР через метастабільності діючих речовин [2].

Реакції та продукти окислення на аноді, що супроводжують процес отримання антимікробного ЕХАР (аноліту) суміші оксидантів в електрохімічному реакторі, аналогічні реакціям, що відбуваються в живій клітині макроорганізму при фагоцитозі.

Суміш метастабільних активнодіючих речовин (АДР) анолітної фракції ЕХАР забезпечує відсутність адаптації мікроорганізмів до мікробоцидної дії розчину.

У процесі електрохімічної обробки водних розчинів на катодері реактора протікають також супутні реакції за участю продуктів відновлення (католіт), що володіють високою біологічною активністю через низький ОВП.

Антимікробні ЕХАР отримують електролізом розчину хлориду натрію, при якому біля аноду утворюється фракція ЕХАР – аноліт, що містить газоподібні кисень і хлор, йон гіпохлориту, а біля катода в процесі відновлення – католіт, що містить газоподібний водень і гідроксид натрію [2].

Відомо, що у харчовому виробництві аноліт ефективно дезінфікує патогенні мікроорганізми на обробних дошках та знищує *Enterobacter aerogenes* та *S. aureus* на різних поверхнях обладнання, не викликаючи пошкодження нержавіючої сталі, що широко застосовується.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Мікробіологічний статус сировини, компонентів та кінцевих продуктів визначається на базі мікробіологічних критеріїв, пов'язаних із відсутністю або наявністю мікроорганізмів, у тому числі паразитів, кількості їх токсинів (метаболітів) в одиниці маси, об'єму чи партії. Безпечні харчові продукти не повинні містити мікроорганізми, паразитів та їх токсини або метаболіти в кількостях, що представляють загрозу для здоров'я людини.

Стратегія науково-технологічного розвитку України передбачає перехід до високопродуктивних та екологічно чистих виробництв, розробки та впровадження систем раціонального застосування засобів хімічного та біологічного захисту сільськогосподарських рослин і тварин, зберігання та ефективною переробки сільськогосподарської продукції, створення безпечних та якісних, у тому числі функціональних, продуктів харчування.

Технологія ЕХА, виступаючи науково-технічним напрямом, що інтенсивно розвивається, повністю відповідає зазначеним вимогам.

Основними перевагами технології ЕХА перед традиційними хімічними технологіями є: екологічна чистота, економічність та універсальність – скорочення типу та кількості хімічних реагентів; зменшення витрат праці, часу і матеріалів; можливість використання технічних систем із однаковим типом електрохімічних реакторів для застосування в різних галузях.

Доведено ефективність аноліту проти *Listeria monocytogenes* та здатність ЕХАР підвищувати термін придатності охолоджуваної в ньому харчової сировини. Використання аноліту для знезараження свіжих продуктів схвалено відповідними органами в Японії, США та Кореї.

Механізм антимікробної дії ЕХАР остаточно не встановлено; окислення клітинної мембрани анолітом очевидно порушує метаболізм та викликає загибель клітин.

Технологія електрохімічної активації має тривалу історію розвитку. Проте проведення сучасних фундаментальних та прикладних наукових досліджень, присвячених дослідженню механізмів впливу метастабільних ЕХАР на різні харчові та водні системи, дозволить отри-

мати нові знання та дасть можливість розробки нових підходів до забезпечення якості, біологічної безпеки та підвищення ефективності виробництва споживчих товарів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Electrostatic spraying of organic acids on biofilms formed by *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium on fresh produce / A. Almasoud [et al.]. *Food Research International*. 2015. P. 78, 27–33.
2. Bakhir V. M., Pogorelov A. G. Universal Electrochemical Technology for Environmental Protection. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. 2018. 7(1). P. 41–57.
3. Barriere S. L. Clinical, economic and societal impact of antibiotic resistance. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*. 2014. 16(2). 151–153.
4. New Acid-oxidizing Solution: Assessment of Its Role on Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Biofilm Morphological Changes / N.A.D'Atanasio[etal.]. *Wounds*. 2015. 27(10). 265–273.
5. Antibacterial activity of novel dual bacterial DNA type II topoisomerase inhibitors / N. D'Atanasio [et al.]. *PLOS ONE*. 2020. 15(2). e0228509.
6. Electrostatic Spray of Food-Grade Organic Acids and Plant Extract to Reduce *Escherichia coli* O157:H7 on Fresh-Cut Cantaloupe Cubes / L. M. Massey [et al.]. *Journal of Food Safety*. 2012. 33(1). P. 71–78.
7. Kim S., Covington A., Pamer E. G. The intestinal microbiota: Antibiotics, colonization resistance, and enteric pathogens. *Immunological Reviews*. 2017. 279(1). 90–105.
8. O'Brien S. J. Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in Europe. *Encyclopedia of Food Safety*. 2014. N1. P. 302–311.
9. Sockett P. Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in North America. *Encyclopedia of Food Safety*. 2014. N 1. P. 276–286.
10. Rendueles O., Ghigo J.-M. Mechanisms of Competition in Biofilm Communities. *Microbiology Spectrum*. 2015. 3(3).
11. A Review on Antibiotic Resistance: Alarm Bells are Ringing / S. B. Zaman [et al.]. *Cureus*. 2017.

REFERENCES:

1. Electrostatic spraying of organic acids on biofilms formed by *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium on fresh produce / A. Almasoud [et al.] (2015), *Food Research International*, p. 78, 27–33.
2. Bakhir, V. M. and Pogorelov, A. G. (2018), Universal Electrochemical Technology for Environmental Protection, *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 7(1), p. 41–57.
3. Barriere, S. L. (2014), Clinical, economic and societal impact of antibiotic resistance, *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 16(2), 151–153.

4. New Acid-oxidizing Solution: Assessment of Its Role on Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Biofilm Morphological Changes / N. A. D'Atanasio [et al.] (2015), *Wounds*, 27(10), 265–273.
5. Antibacterial activity of novel dual bacterial DNA type II topoisomerase inhibitors / N. D'Atanasio [et al.] (2020), *PLOS ONE*, 15(2), e0228509.
6. Electrostatic Spray of Food-Grade Organic Acids and Plant Extract to Reduce *Escherichia coli* O157:H7 on Fresh-Cut Cantaloupe Cubes / L. M. Massey [et al.] (2012), *Journal of Food Safety*, 33(1), p. 71–78.
7. Kim S., Covington A. and Pamer E. G. (2017), The intestinal microbiota: Antibiotics, colonization resistance, and enteric pathogens, *Immunological Reviews*, 279(1), 90–105.
8. O'Brien, S. J. (2014), Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in Europe, *Encyclopedia of Food Safety*, N1, p. 302–311.
9. Sockett P. (2014), Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in North America, *Encyclopedia of Food Safety*, N 1, p. 276–286.
10. Rendueles O. and Ghigo J.-M. (2015), Mechanisms of Competition in Biofilm Communities, *Microbiology Spectrum*, 3(3).
11. A Review on Antibiotic Resistance: Alarm Bells are Ringing / S. B. Zaman [et al.] (2017). *Cureus*.

Стаття надійшла до редакції 07 січня 2023 року

НОТАТКИ

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 33

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. 7,50. Ум. друк. арк. 9,99. Зам. № 0323/193

Підписано до друку 09.03.2023 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.