

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

ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

ВИПУСК 30

ЛЬВІВ
ВИДАВНИЦТВО ЛЬВІВСЬКОГО
ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2022

Вісник Львівського торговельно-економічного університету / [ред. кол.: Пелик Л.В., Мережко Н.В., Донцова І.В. та ін.]. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2022. – Вип. 30. – 68 с. – (Технічні науки).

Збірник наукових праць

Випуск 28

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

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

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 № 11 від 19 травня 2022 року.

Редакційна колегія:

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

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

Видання індексується у наукометричних базах:

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

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

DOI: 10.36477/2522-1221

DOI: 10.36477/2522-1221-2022-30

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



ЗМІСТ

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА

Доманцевич Н. І., Яцишин Б. П.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСІВ СТАРІННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ..... 5

Карпеченко А. А., Бобров М. М., Лимар О. О.

ФОРМУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ
ПОКРИТТІВ З ДОДАВАННЯМ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ.....14

Решетило Л. І.

ФОРМУВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ТА БІЛКОВОГО СКЛАДУ ЧАСНИКУ
ПРИ ВЕГЕТАЦІЇ В ЗОНІ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ..... 22

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Березовський Ю. В., Кузьміна Т. О.

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ
ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР..... 29

Попович Н. І., Шумський О. В., Швець О. М., Беднарчук М. С., Стефаник М. П.

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ
У ВИРОБНИЦТВО НОВОГО РІЗНОВИДУ ВЗУТТЯ ДЛЯ ТУРИЗМУ.....37

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Давидович О. Я., Спринь Х. Р.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ
У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ.....45

Ощипок І. М.

РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНТЕРФЕЙСУ
КОРИСТУВАЧА У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ВИРОБНИЦТВ..... 53

Сукманов В. А., Супрун А. В.

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТУ ЛУШПИННЯ ЦИБУЛІ
В ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА..... 60

CONTENTS

THEORY AND PRACTICE OF MODERN MATERIALS SCIENCE AND COMMODITY SCIENCE

Domantsevych N. I., Yatsyshyn B. P.

THEORETICAL ASPECTS OF AGING PROCESSES OF POLYMER MATERIALS..... 6

Karpechenko A. A., Bobrov M. M., Lymar O. O.

FORMATION OF ALUMINIUM COMPOSITE ELECTRIC ARC COATINGS
WITH RED MUD ADDITION.....15

Reshetylo L. I.

FORMATION OF HYDROCARBON AND PROTEIN COMPOSITION
OF GARLIC DURING VEGETATION IN THE ZONE OF THE WESTERN
FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....22

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF LIGHT INDUSTRY

Berezovsky Yu. V., Kuzmina, T. O.

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES
OF PROCESSING OF BAST CULTURES..... 30

Popovych N. I., Shumskiy O. V., Shvets O. M., Bednarchuk M. S., Stefanyk M. P.

SOCIO-ECONOMIC EFFICIENCY FROM THE IMPLEMENTATION IN PRODUCTION
OF A NEW VARIETY OF FOOTWEAR FOR TOURISM.....38

MODERN DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD TECHNOLOGY

Davydovych O. Ya., Sprin H. R.

METHODS FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF LACTIC ACID
IN FOOD PRODUCTS..... 46

Oshchypok I. M.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE ARCHITECTURE AND USER INTERFACE
IN TECHNOLOGY OF MEAT PRODUCTION.....53

Sukmanov V. A., Suprun A. V.

USE OF ONION PEEL EXTRACT IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY.....61

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СУЧАСНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТОВАРОЗНАВСТВА

УДК 678.5.066:620

Доманцевич Н. І.,

nina.domantzevich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6157-7079,

Researcher ID F-3069-2019,

*д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

Яцишин Б. П.,

bogdan.yatsyshyn7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6762-2646,

д.т.н., проф., професор кафедри електронних приладів,

НУ «Львівська політехніка», м. Львів

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСІВ СТАРІННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. У статті досліджуються теоретичні аспекти проблеми часових змін структури та властивостей полімерних матеріалів, які представляють значний науковий інтерес. Метою статті є аналіз перебігу процесів старіння модифікованих полімерних матеріалів, теоретичне узагальнення отриманих результатів та моделювання тенденцій прогнозованого розвитку процесів. У статті проаналізовано вплив факторів старіння на властивості модифікованих полімерних матеріалів, які використовуються у різних галузях народного господарства. Розглянуто протікання фізичного старіння склоподібних полімерних матеріалів, зміну рухливості його структурних елементів при зміні температури. Аналіз розвитку процесів старіння досліджуваних полімерних матеріалів дав можливість визначити основні групи, що підлягали дії факторів впливу, місце полімерних матеріалів та приналежність до визначених груп. Показано неоднозначність (особливості) реагування полімерних матеріалів на дію факторів – агентів старіння, що пов'язане з надзвичайно широкою різноманітністю таких матеріалів, різними умовами експлуатації, розбіжними термінами та інтенсивністю дії агентів тощо. Проведено аналіз агентів деградації полімерних матеріалів та показано їх умовний поділ за класами стійкості до старіння. Результати теоретичних та практичних досліджень узагальнюють дію факторів старіння полімерних матеріалів. Доведено, що при проведенні довготривалих досліджень полімерних матеріалів слід враховувати можливість фазових переходів під дією чинників та відповідних додаткових пошкоджень структури. Подальші дослідження необхідно спрямувати на поглиблене вивчення механізму старіння полімерних плівок, встановлення кількісного зв'язку між впливом різних факторів на швидкість перебігу процесів старіння.

Ключові слова: старіння, полімери, властивості, фактори експлуатації полімерів, ерозія, деструкція.

Domantsevych N. I.,

nina.domantzevich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6157-7079,

Researcher ID F-3069-2019,

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

Yatsyshyn B. P.,

bogdan.yatsyshyn7@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6762-2646,

Doctor of Engineering, Professor; Professor of the Department of Electronic Devices,

“Lviv Polytechnic” National University, Lviv

THEORETICAL ASPECTS OF AGING PROCESSES OF POLYMER MATERIALS

Abstract. *The article investigates the theoretical aspects of the problem of changes in the structure and properties of polymeric materials over time, which is of considerable scientific interest. The aim of the article is to analyze the course of aging processes of modified polymeric materials, theoretical generalization of the obtained results and modeling of trends in the projected development of processes. The article analyzes the influence of aging factors on the properties of modified polymeric materials used in various sectors of the economy. The course of physical aging of glassy polymer materials and changes of mobility of its structural elements at variation of temperature are considered. The analysis of the development of the aging processes in polymer materials gave the opportunity to determine the main groups subject to the action of influencing factors, the place of polymeric materials and belonging to certain groups. The obscurity (peculiarity) of the response of polymer materials to the action of factors – aging agents, which is associated with an extremely wide variety of such materials, different usage conditions, divergent terms and intensity of agent actions is shown. The analysis of degradation agents of polymer materials is carried out and conditional division of polymer materials by classes of resistance to aging is shown. The results of theoretical and practical studies summarize the effect of aging factors of polymer materials. It is proved that the possibility of phase transitions under the influence of factors and the corresponding additional damage to the structure should be taken into account during long-term studies of polymeric materials. Further research should be focused at profound study of the mechanism of aging of polymer films as well as at determination of quantitative relationship between the influences of various factors on the velocity of aging.*

Key words: aging, polymers, properties, factors of operation of polymers, weathering destruction.

JEL Classification: L69

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-01>

Постановка проблеми. Полімерні матеріали займають вагоме місце у народному господарстві. Асортимент виробів із полімерних матеріалів постійно розширюється і вдосконалюється, що обумовлено запитом суспільної практики. Також висувуються дедалі більші вимоги до якості та збереження властивостей полімерних матеріалів. У різних умовах експлуатації або зберігання в полімерних матеріалах із часом протікають процеси, які погіршують їх першопочаткові характеристики. Відбувається процес старіння, викликаний зміною будови (структури) та властивостей матеріалів. Перебіг цих змін залежить від впливу різних чинників, як зовнішніх, так і внутрішніх, що неоднаково виявляються у різних матеріалах та можуть бути повністю або частково незворотними (у розрізі окремих властивостей).

Старіння визначається як складний процес у матеріалі, коли він підлягає дії різноманітних зовнішніх факторів протягом життєвого циклу. Наприклад, старіння у тонких аморфних плівках неорганічних сполук викликає часткову кристалізацію матеріалу, яку можна усунути опроміненням зразків електронним пучком. Хоча в кінцевому варіанті отриманий матеріал буде відповідати вихідному за фазовим складом, проте його структура буде іншою.

Старіння під дією погодних агентів проходить як ряд послідовних етапів, що супроводжуються руйнуванням структури (зі зміною його фізичних та хімічних властивостей) та розпадом матеріалу на дрібні фрагменти. Старіння матеріалів відбувається як природне (під впливом природних факторів) або штучно

викликане (прискорене різними антропогенними чинниками).

У матеріалах першої групи (метал, камінь, цементні зв'язуючі речовини) ці процеси можуть проходити тривалий час, непомітно, а їх класифікація, вимірювання та фіксація хронологічних змін можуть бути утруднені, займаючи роботою не одне покоління дослідників. Проте навіть такі тривалі процеси у матеріалах можуть використовуватись із користю для деяких розділів науки (історії, археології, палеонтології тощо), оскільки допомагають встановити хронологію подій.

Більш помітні процеси старіння – у матеріалах другої групи, таких як полімери, деревина, волокна та різні види тканин. Повна деструкція таких матеріалів, яка є кінцевим етапом старіння, може відбутись і за сотню років, залежно від умов їх отримання та експлуатації. Дана група матеріалів є вельми проблематичною з точки зору забезпечення їх робочого довголіття. Це пов'язано з тим, що один і той же матеріал може бути затребуваний як із малим, так і з великим терміном роботи, залежно від умов експлуатації. Крім цього, дана група матеріалів є найбільш привабливими об'єктами для модифікування та створення нових похідних продуктів, відомих як композитні матеріали, що створюються як суміш різнорідних компонент.

Прискорене старіння характерне для третьої групи матеріалів, їй відповідає скорочений життєвий цикл від кількох місяців до десяти років. Прийнято помилково вважати, що до таких матеріалів відносяться в основному білкові (у т. ч. глютенів), крохмаль та хітинові матеріали, а також харчова продукція з швидкоплинними процесами старіння та малими термінами зберігання. Проте дослідженням властивостей деяких технічних матеріалів, що створювались як суміш кількох компонент, було встановлено їх скорочений життєвий цикл – виявлялася несумісність їх структури та фізико-хімічних характеристик складників. У деяких випадках високі швидкості у процесах старіння матеріалів є потребою, яка визначає прискорену утилізацію продуктів, деструкцію захисних оболонок імплантованих медичних пристроїв та руйнування капсул для медичних препаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування теоретичних та практичних підходів до вивчення процесу старіння знайшло відображення у роботах Павлова Н.Н., Спорягіна, Е. О., Feller R. L., Hodge I. M., Allara D. L., Maxwell A. S., Broughton W. R., Dean G.,

Sims G. D., Ренбі Б., Рабека Я., Фойгта Й. [1–9].

Авторами [1, 2] старіння трактується як необоротні зміни корисних властивостей полімерних матеріалів, які проходять із плином часу в результаті сукупних хімічних і фізичних перетворень, що відбуваються при їх переробці, зберіганні та експлуатації.

У роботі [3] Feller R. L. розглянув стійкість полімерних матеріалів до змін при дії окремих факторів зовнішнього середовища та особливості перебігу в умовах прискореного старіння. У роботі [4] Hodge I. M. зупинився на аспектах фізичного старіння полімерних матеріалів.

Авторами [4–8] розглядалися питання проходження процесів старіння полімерних матеріалів, окремі методи прогнозування зміни властивостей матеріалів протягом життєвого циклу.

У роботах [9–13] зроблено акцент на методиці, яка дає змогу більш детально проаналізувати процеси часової деструкції, що відбуваються в полімерних матеріалах, та на моделюванні процесів старіння.

Проведений аналіз свідчить про важливість вивчення проходження старіння полімерних матеріалів, визначення можливостей запобігання передчасним їх руйнуванням. При цьому дуже важливим є однаковий підхід до розуміння та розгляду проблеми.

Постановка завдання. Метою статті є вивчення перебігу процесів старіння модифікованих полімерних матеріалів, теоретичне узагальнення отриманих результатів та моделювання тенденцій розвитку процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. В англomовному науковому середовищі процеси природного старіння матеріалу під дією зовнішнього агента-погоди описуються словом “weathering”, що передбачає ерозію або деструкцію поверхні. Загалом процеси старіння супроводжують усі етапи проходження життєвого циклу будь-якого матеріалу.

Усі матеріали умовно поділяють на класи стійкості до старіння залежно від виду матеріалів, технології їх використання. Наприклад, у роботі [3] виділяють три таких класи: особливо стійкі (клас А зі стійкістю до деструктивних процесів від 100 років та вище), середньо стійкі (клас В зі стійкістю до деструктивних процесів від 20 до 100 років), нестійкі (клас С, де зміна структури та властивостей може початися відразу після виготовлення та тривати до 20 років) (рис. 1).

Такий поділ був зроблений на основі прискорених досліджень із використанням камер

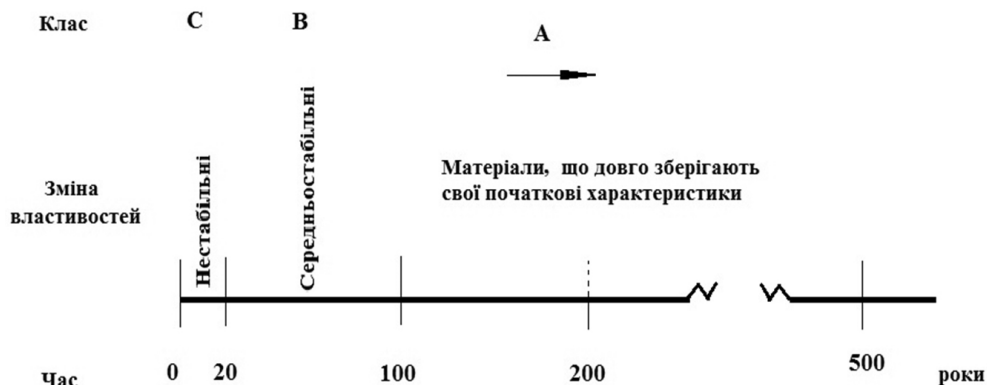


Рис. 1. Встановлення класів матеріалів за оцінкою результатів досліджень із прискореного старіння [3]

штучної погоди, фадометрів та інших пристроїв, що сприяють такому старінню та реєструють зміни властивостей матеріалів.

Слід підкреслити, що даний поділ є чисто умовний – він не враховує вид матеріалів та факторів зовнішнього впливу (їх сумарну дію, періодичність, інтенсивність, тривалість тощо). Кожен окремий матеріал може ще характеризуватися технологією виготовлення або утворення, фактора, який за певної зовнішньої дії може особливо сильно проявлятися як чинник старіння. З цієї причини кожен матеріал, який досліджується на проходження старіння, має свої часові розподіли у кожному з класів. Наприклад, для полімерів такий умовний поділ на класи не перевищує 100–150 років, що більше пов'язано з пізнім часом їх синтезу та суперечностями у визначенні етапів їх життєвого циклу прискореними методами експериментів, які не завжди збігаються з даними досліджень із природного старіння.

Специфіка процесів, реакцій та активна тенденція до зміни фазового стану, що мають місце при старінні полімерів, дозволила виділити цей клас матеріалів за особливою формою часової деструкції. Полімери та матеріали на їх основі характеризуються двома видами процесів старіння, що можуть протікати як окремо один від одного, так і взаємопов'язано, доповнюючи один одного, – хімічними та фізичними [4–6]. Згідно зі стандартом ГОСТ 9.710-84 [14] старіння полімерного матеріалу визначається як «сукупність фізичних та хімічних процесів, які мають місце в полімерному матеріалі та приводять до незворотних змін властивостей». Активність фізичного та хімічного процесу під час перебігу старіння визначається безліччю технологічних та експлуатаційних факторів.

Хімічний вид процесу старіння полімерів описують та характеризують за хімічним скла-

дом матеріалу, молекулярною масою, будовою макромолекул, укладанням ланцюгів, їх спряженістю, молекулярно-масовим розподілом, присутністю певної кількості додатків (каталізаторів, антиоксидантів, пластифікаторів та інших технологічних реагентів) та наповнювачів. При цьому вид та кількість додатку (або залишку), його сумісність із полімерною матрицею та здатність до активації чи пасивації внутрішньоматричних перетворень є першоджерелом змін або збереження структури, зростання чи зменшення дефектності.

Хімічне старіння у полімерах (пластиках, композитах) може відбуватися кількома шляхами залежно від природи матеріалу а інколи конструкції виробу, яку формує даний матеріал. Полімерні матеріали, схильні до утворення просторових зв'язків (сітки), зі старінням будуть удосконалювати свою просторову структуру, створювати нові спайки між полімерними ланцюгами. Таким чином проходить старіння гумових (rubbery) полімерів, які з часом стають твердими, жорсткими та не придатними до експлуатації (прикладом можуть слугувати як отвердіння звичайної канцелярської гумки для стирання, так і підвищена жорсткість автомобільних коліс чи крихкість застарілих гумових прокладок). Часовий перебіг змін у полімерних матеріалах із структурою, що складається з лінійно розміщених полімерних ланцюгів із незначною кількістю відгалужень і спайок, може проходити за декількома напрямками залежно від умов виготовлення та експлуатації. Такими специфічними властивостями володіє поліетилен, у якого співвідношення між аморфною та кристалічною фазою може по-різному змінюватись у часі залежно від технології виготовлення, умов складування й експлуатації, форми виробу (масивний чи тонкоплівковий виріб). Відповідно, під час старіння

по-різному змінюються властивості та характеристики матеріалу.

Фізичне старіння полімерів найкраще описується в склоподібних полімерах та визначається рухливістю його структурних елементів, яка змінюється при зміні температури (наприклад, при охолодженні полімеру нижче температури склування T_g). За підвищеної температури, коли полімер перебуває у в'язкотекучому стані, його структура визначається молекулярними конформаціями, що перебувають у рівновазі. За зниження температури нижче T_g термодинамічна рівновага структури полімеру з різними молекулярними утвореннями обов'язково порушується. Відбувається деградація структури, що особливо добре виявляється у змінах механічних характеристик – повзучості та змінах характеристик напружень на розтяг та розривання [7]. У багатьох випадках прояви хімічного та фізичного старіння подібні, проте термін фізичного старіння саме і вводиться для того, щоб акцентувати на різниці між перекристалізацією і хімічною деградацією та релаксацією склоподібного стану полімеру [4]. Одним із важливих аспектів виявленої різниці є встановлена залежність швидкості проходження процесу фізичного старіння від різниці температури склування матеріалу та температури зразка при дослідженнях. Мобільна активність структурних змін у полімері та рухливість його структурних елементів є достатньо високою, незважаючи на можливу понижену температуру зразка, а перерозподіл фаз і утворення нових структурних станів, які поступово стають ближчими до рівноваги для даного температурного діапазону, призводять до зниження молекулярної мобільності при повзучості та збільшення зсуву кривих залежностей повзучості при розтягуванні при різних станах старіння [4, 7].

До агентів старіння зазвичай відносять зовнішні впливи – температуру (висока або низька, періодичні перепади), вологість, різні види випромінювання, механічні зусилля (розтяг, стиск, зсув), агресивні середовища. До останніх також відносять зовнішню хімічну дію речовин на досліджуваний матеріал. Саме на такій зовнішній хімічній дії агресивних речовин побудовані деякі методики вивчення старіння полімерних матеріалів прискореними методами, які використовуються у різних галузях.

Із вищеперахованих факторів (агентів) старіння є зрозумілим, що всі технологічні прийоми, які використовуються при виготовленні та переробці полімерів, впливають на формування над-

молекулярних структур і приводять до виникнення внутрішніх деформацій, що реєструється протягом усього життєвого циклу матеріалу. Віднесення технологічних агентів старіння до хімічних чи фізичних нереальне та шкідливе, оскільки один технологічний процес, що приводить до певного механічного пошкодження матеріалу, неодмінно продовжується у вигляді ушкодження полімерних ланцюгів, реакцій окиснення пошкоджених поверхонь та до подальшої деструкції структури. Аналогічно хімічний агент приводить до деструкції матеріалу та може бути причиною зменшення механічних характеристик та полегшеного руйнування виробу. Проте у всіх випадках слід розглядати механізми руйнування полімеру, вказуючи на превалюючий вид того чи іншого виду старіння (хімічного чи фізичного) та їх взаємозв'язок.

Залежно від виду полімеру, виду та кількості технологічних компонент, додатків та наповнювачів процес старіння проходить по-різному. Найбільш часто проявляються такі шкідливі види старіння, як термоокислювальна та фотоокислювальна деструкції, відповідно, їм приділяється найбільша увага [8, 9]. Інші види старіння полімерів не є такими поширеними, проте сам процес деструкції обов'язково починається з появи (через дію різних зовнішніх чинників) розірваних зв'язків і супроводжується окисненням вільних радикалів. Однак спільною рисою проходження процесів старіння для всіх видів полімерів є їх залежність від умов утворення (синтезу). При цьому ряд полімерних матеріалів, які мали не повністю завершений технологічний процес або містили у своєму композиційному складі догодіючі модифікатори (додатки, наповнювачі), можуть виявляти часткове тимчасове (до кількох років) покращення властивостей. Для поліолефінів, які не створюють просторові розгалуження та для яких характерне розривання полімерних ланок під час старіння, це виявляється у зниженні коефіцієнта газопроникності P та швидкості перенесення водяної пари WVPR, для термоактивних матеріалів – у зростанні твердості та збільшенні показників міцнісних характеристик. З цієї причини конкретизація впливу факторів старіння полімерів (хімічних та фізичних) повинна розглядатись у взаємозв'язку з технологією їх отримання.

Якщо розглядати вагомість факторів і конкретизувати їх дію на процеси старіння, то найбільш значущим може виявитися сумісний вплив вологості та температури. Проте така думка

є неправильною, побудованою на результатах експлуатації полімерних виробів, де такі умови є найбільш поширеними. Одними з сучасних застосувань полімерних матеріалів є аерокосмічна техніка, приладо- та автомобілебудування, де дані матеріали використовуються як тепло- та термоізоляційні, а бажаний ресурс роботи сягає від 10 до 50 років. Відповідно, основними факторами, що приводять до старіння, виступають висока температура та механічні навантаження. Використання полімерних матеріалів як бар'єрних (при виготовленні акумуляторів, електроізоляційних виробів тощо) вимагає забезпечення їх характеристиками з достатньою хімічною, термічною та механічною стійкістю [10]. Протягом терміну служби у таких матеріалах можуть відбуватися як фізичні, так і хімічні процеси старіння, які будуть проявлятися у більшій чи меншій мірі за різних умов експлуатації та впливу навколишнього середовища. Всі зовнішні та внутрішні фактори, що визначають проходження процесів старіння в полімерах, наведені на рис. 2, є достатньо вагомими і можуть проявляти себе у відповідних умовах.

Дія хімічних речовин (реактивів) на полімер та їх вплив на процеси старіння завжди виступає окремим питанням. Деструкція полімерів

активно проходить у виробках, які призначені для зберігання та транспортування хімічно активних речовин та отрутохімікатів – у трубопроводах, ємностях, акумуляторах та батареях різного призначення. При цьому спостерігаються зміни у фізичних характеристиках полімерів та композитів – пошкодження структури поверхні, зниження еластичності, електроізоляції, теплопровідності, які викликані змінами у молекулярній структурі матриці, утворенням нових функціональних груп, хімічними реакціями між молекулярними компонентами або розривом молекулярних зв'язків із утворенням продуктів деструкції [10, 11]. Такі пошкодження особливо помітні у виробках із незначним полімерним шаром або у тонких полімерних плівках – елементах сенсорів, захисних спеціалізованих покриттях та плівках агропромислового призначення. Особливо шкідливими виступають ті фактори старіння, які супроводжуються пошкодженнями та розривами молекулярних ланцюгів полімеру та утворенням продуктів реакцій (води, вуглекислого газу, оксидів). Такими агентами можуть бути різні види хімічних окиснювачів (кисень, озон, хлор, фтор), іонізуючі випромінювання (від ультрафіолетового до гамма-випромінювання), потужні НВЧ-випромінювання тощо.

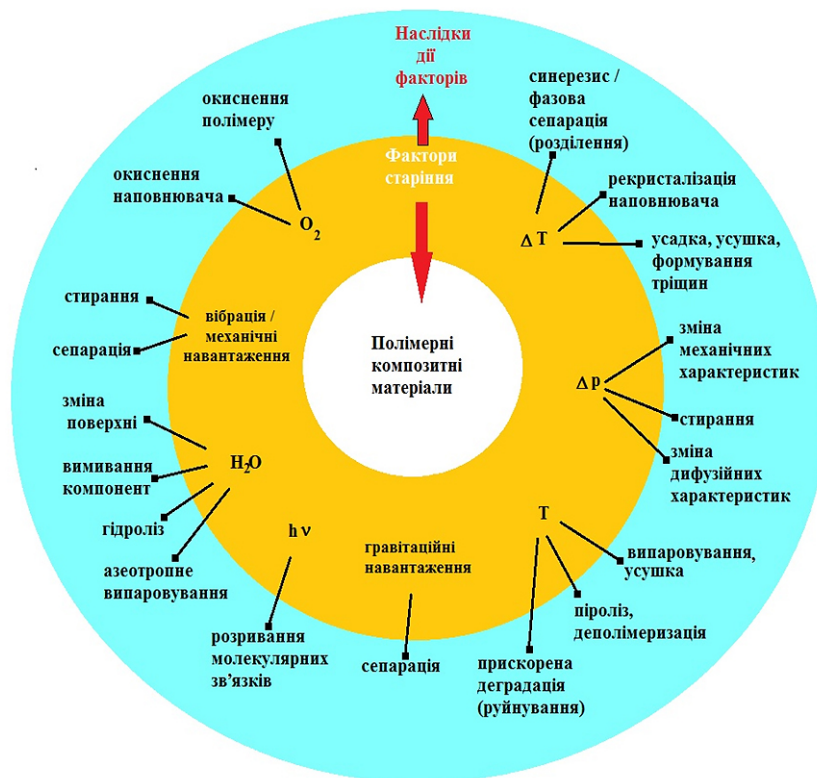


Рис. 2. Хімічні та фізичні фактори, що відповідають за старіння, та їх вплив на полімерні композитні матеріали
Основу рисунку взято з роботи [10]

За природного старіння на територіях, де великі опади відсутні, найбільш вагомими факторами руйнування полімерів є поєднання сонячної радіації та температури. Їх спільний вплив найбільш сильно проявляється при певній циклічності та широкому діапазоні дії: для температури – від мінусових до плюсових значень за температурною шкалою Цельсія, а за впливу сонячного випромінювання – добовою циклічністю.

До вагомих зовнішніх чинників відносять хімічну дію навколишнього середовища. Даний фактор може себе проявляти особливо суттєво як агресивне газове середовище в умовах міста або у місцях активного руху автотранспорту, а також в умовах експлуатації полімерних виробів у ґрунті за його підвищеної кислотності чи у місцях забруднення іншими речовинами.

Окремо завжди висвітлюється питання впливу механічних навантажень як фактора старіння. Широке застосування полімерних виробів у будівництві привело до вимушеного розгляду визначення життєвого циклу полімерних виробів, що перебувають під навантаженнями. Причому дія навантажень розглядається як на початкових етапах формування виробу та при монтажу у місцях експлуатації, так і під час роботи (механічних навантажень від вітру; динамічної енергії водяних крапель, граду, піску, пилу; температурних та термоциклових навантажень; складних видів навантажень у пластмасових та композитних виробках трубопроводів та ємкостей).

Стабільні зовнішні умови внутрішньоскладського зберігання значною мірою сприяють чіткому прояву змін полімерного матеріалу за дії внутрішніх чинників, у ролі яких виступають залишки технологічних додатків, агресивні по відношенню до полімеру наповнювачі, несумісність інгредієнтів у кополімерах та, зрештою, структурні дефекти самого полімерного матеріалу (обірвані зв'язки, дефекти укладання ланцюгів, утворення дислокацій). У деяких випадках така дефектність, викликана внутрішніми чинниками, може бути настільки великою, що виріб може бути віднесений до бракованого у короткий період часу.

Спільна дія зовнішніх та внутрішніх факторів старіння значно посилює проходження процесів деструкції полімерного матеріалу. Причому ідентифікація ініціації процесу є вкрай утруднена, а ступінь деструкції та змін властивостей оцінюється у порівняльній дії з одиночними впливами факторів. Суттєвою для старіння полімерного

матеріалу є тривалість дії того чи іншого зовнішнього фактора чи їх сумарної дії [1].

Оскільки існує багато співпадінь у дії на полімер внутрішніх та зовнішніх факторів впливу на процеси старіння, з метою більш конкретного визначення їх дії були виділені особливо активні агенти, які спричиняють старіння. Під цим означенням були виділені чинники, що виявляють хімічну активність і спричиняють деструктивну дію (в тому числі окислюють) по відношенню до полімеру. До особливо активних агентів деградації полімерів відносять такі, як [11]: тепло, випромінювання видимого діапазону, рідини, газу (в тому числі пара), іонізуючі випромінювання, механічні напруження, мікробіологічні об'єкти; електричний стрес.

При випробуванні на довговічність вплив тепла як єдиного агента, як правило, означає дію двох складових – температури і кисню атмосфери [11]. Тому випробовування впливу тепла на полімерні вироби повинно враховувати, крім змін температури, наявність кисню та його дифузії в досліджуваному зразку. Тепло також дуже часто використовується в поєднанні з іншими агентами, зокрема світловим випромінюванням, дифузією рідин та газів. У свою чергу, світлове випромінювання може виходити за межі видимого діапазону, зокрема в УФ-області.

Перелік агентів деструкції, які приводять до старіння полімерів, може бути значно розширений за рахунок інших факторів впливу, виявлених у дослідженнях або експлуатації. Загальні назви можуть конкретизуватись, а їх дія у дослідженнях підсилюватись шляхом застосування вищих концентрацій, доз чи величин впливу. Більше того, для визначення термінів життєвого циклу у прискорених дослідженнях використовують значно вищі дози інтенсивності та концентрації, ніж ті, що спостерігаються у природних умовах. Проведення перерахунку дає змогу оцінити гарантійні терміни експлуатації полімерного виробу [12].

У багатьох випадках для досліджень використовують сумісну дію кількох агентів, а у дослідженнях старіння у природному середовищі описується об'єднана дія тепла, видимого та іонізуючого випромінювання, рідин, газів та мікроорганізмів як вплив агресивного середовища.

Два агенти деградації можуть мати синергетичний ефект, оскільки їхня дія в поєднанні є іншою, ніж сума їх індивідуальних впливів. Це, безсумнівно, дуже важливо враховувати при прогнозуванні дії кількох агентів [11]. Самі агенти можуть мати (а у дослідженнях – застосовувати)

безперервну або періодичну дію для визначення їх циклічного впливу.

Із усіх вищеперахованих факторів, що приводять до старіння полімерних матеріалів, тільки два – температура, її коливання та періодичність дії та хімічна дія різних агресивних речовин – мають статус агентів, які використовуються у прискорених дослідженнях та дозволяють прогнозувати часові зміни характеристик полімерних виробів.

Температуру, як правило, розглядають в якості активатора процесу старіння полімерних матеріалів, проте в окремих випадках вона може розглядатися як самостійний агент фізичного старіння [1]. Направленість агресивної дії хімічних агентів визначають як основний деструктивний елемент старіння.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Використання природних (кліматичних, погодних) факторів при вивченні процесів старіння полімерних виробів має ряд труднощів із інтерпретацією результатів. Це пов'язано з фактом значної товщини полімерних виробів та незначної проникності таких агентів впливу, як сонячна радіація (УФ-випромінювання + нагрівання), водяна пара та газове середовище. Проте для тонкоплівкових полімерних та композитних матеріалів (захисні плівки, спеціальні та лакофарбові покриття) такі дослідження необхідні, оскільки проникність агентів старіння порівнянна з товщиною матеріалу. Початкові етапи природного старіння зазвичай відносять до хімічних факторів. При проведенні довготривалих досліджень полімерних матеріалів слід враховувати можливість фазових переходів під дією чинників та відповідних додаткових пошкоджень структури. З цієї причини багатофакторні природні (кліматичні) дослідження проводять за кількома методиками, що дозволяють виявити найбільш активні агенти старіння (несприятливі впливи), які понижують гарантійний час експлуатації виробу чи покриття.

З огляду на актуальність вважаємо, що подальші дослідження слід спрямувати на поглиблене вивчення механізму старіння полімерних плівок, встановлення кількісного зв'язку між впливом різних факторів на швидкість перебігу процесів старіння.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Павлов Н. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. М. : Химия, 1982. 224 с.

2. Спорягін Е. О., Варлан Е. О. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів : навч. посібник. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2012. 190 с. URL: <http://library.dnu.dp.ua/Methodichki/sporjagin.pdf>

3. Feller R. L. Accelerated aging : photochemical and thermal aspects. Ann Arbor (Michigan, USA): Edwards Bros., 1994. 292 p.

4. Hodge I. M. Physical Aging in Polymer Glasses. *Science*. 1995. 267 (5206). P. 1945-1947. URL: <http://www.jstor.org/stable/2886443>

5. Allara D. L. Aging of polymers. *Environmental health perspectives*. 1975. V. 11. P. 29-45.

6. Manas Chanda, Salil K. Roy *Plastics technology handbook*. NW (USA): CRC Press (Taylor & Francis Group), 2006. 202 p.

7. Maxwell A. S., Broughton W. R., Dean G., Sims G. D. Review of accelerated ageing methods and lifetime prediction techniques for polymeric materials. NPL Report DEPC MPR 016. Middlesex (UK): National Physical Laboratory, 2005. 84 p. URL: www.npl.co.uk

8. Рэнби Б., Рабек Я. Фотодеструкция, фотоокисление, фотостабилизация полимеров. М. : Мир, 1978. 675 с.

9. Фойгт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла. Л. : Химия, 1972. 544 с.

10. Stadler R., Maurer A. Methods for durability testing and lifetime estimation of thermal interface materials in batteries. *Batteries*. 2019. 5 (34). P. 1-11. URL: www.mdpi.com/journal/batteries

11. Plota Angelika, Masek Anna. Lifetime Prediction Methods for Degradable Polymeric Materials. *Materials*. 2020. 13. P. 4507. URL: www.mdpi.com/journal/material

12. Lewandowski M., Pawłowska U. Przewidywanie okresu trwałości elastomerów Cz. I. Degradacja elastomerów i przewidywanie czasu życia. *Elastomery*. 2016. 20 (2). P. 24-30. URL: https://elastomery.pl/wp-content/uploads/streszczenia-pdf/E2016_2_Lewandowski.pdf

13. Carfagno S. P., Gibson R. J. A review of equipment aging: Theory and technology. NP-1558: Research Project 890-1. Philadelphia (Pennsylvania, USA): Franklin research center, 1980. 464 p. URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/5032834>

14. ГОСТ 9.710-84 «Старение полимерных материалов: Термины и определения». 11 с.

REFERENCES:

1. Pavlov, N. N. (1982), *Starenye plastmass v estestvennykh y yskusstvennykh uslovyakh*, Khymyia, M., 224 s.

2. Sporiahin, E. O. and Varlan, E. O. (2012), *Teoretychni osnovy ta tekhnolohiia vyrobnytstva polimernykh kompozytsijnykh materialiv : navch.*

posibnyk, Vyd-vo DNU, Dnipropetrovs'k, 190 s., available at: <http://library.dnu.dp.ua/Metodichki/sporjagin.pdf>

3. Feller, R. L. (1994), Accelerated aging : photochemical and thermal aspects. Ann Arbor (Michigan, USA): Edwards Bros., 292 p.

4. Hodge, I. M. (1995), Physical Aging in Polymer Glasses, *Science*, 267 (5206), p. 1945–1947, available at: <http://www.jstor.org/stable/2886443>

5. Allara, D. L. (1975), Aging of polymers, *Environmental health perspectives*, V. 11, p. 29–45.

6. Manas Chanda and Salil K. Roy (2006), *Plastics technology handbook*. NW (USA): CRC Press (Taylor & Francis Group), 202 p.

7. Maxwell, A. S. Broughton, W. R. Dean G. and Sims, G. D. (2005), Review of accelerated ageing methods and lifetime prediction techniques for polymeric materials. NPL Report DEPC MPR 016. – Middlesex (UK): National Physical Laboratory, 84 p., available at: www.npl.co.uk.

8. Renby B. and Rabek Ya. (1978), Fotodestruktsyia, fotookyslenye, fotostabylyzatsyia polymerov, Myr, M., 675 s.

9. Fojht Y. (1972), Stabylyzatsyia syntetycheskykh polymerov protyv dejstvyia sveta y tepla, Khymyia, L., 544 s.

10. Stadler R. and Maurer A. (2019), Methods for durability testing and lifetime estimation of thermal interface materials in batteries, *Batteries*, 5(34), p. 1–11, available at: www.mdpi.com/journal/batteries

11. Plota Angelika and Masek Anna (2020), Lifetime Prediction Methods for Degradable Polymeric Materials, *Materials*, 13, p. 4507, available at: www.mdpi.com/journal/material

12. Lewandowski M. and Pawłowska U. (2016), Przewidywanie okresu trwałości elastomerów Cz. I. Degradacja elastomerów i przewidywanie czasu życia, *Elastomery*, 20 (2), p. 24–30, available at: https://elastomery.pl/wp-content/uploads/streszczenia-pdf/E2016_2_Lewandowski.pdf

13. Carfagno, S. P. and Gibson, R. J. (1980), A review of equipment aging: Theory and technology. NP-1558: Research Project 890-1. – Philadelphia (Pennsylvania, USA): Franklin research center, 464 p., available at: <https://www.osti.gov/servlets/purl/5032834>

14. HOST 9.710-84 “Starenye polymernykh materyalov: Termyny y opredelenyia”, 11 s.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2022

УДК 621.793.7

Карпеченко А. А.,

*karpechenkoanton@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7543-4159,
Scopus Author ID: 57194341724.*

*к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства і технології металів,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

Бобров М. М.,

*laborantmtm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9098-6912,
Scopus Author ID: 57194197238,*

*к.т.н., асистент кафедри матеріалознавства і технології металів,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

Лимар О. О.,

*aleksandr1402aa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0301-7313,
Scopus Author ID: 57222551369,*

*к.фіз.-мат.н., доцент кафедри тракторів та
сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу,
Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв*

ФОРМУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ З ДОДАВАННЯМ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ

Анотація. Показано, що особливо актуальною проблема утилізації відходів виробництва бокситу, а самчервоного шламу, є для Миколаївської області, оскільки на її території розташований Миколаївський глиноземний завод (МГЗ), на шламосховищах якого на початок 2019 року зберігається близько 43,5 мільйони тон небезпечної сировини. Проаналізовано сучасні способи його переробки, що полягають в основному у відновлювальному відпалі та магнітній сепарації з різними домішками. Встановлено, що перспективним є напрям пов'язаний із використанням червоного шламу в якості напилюваного матеріалу при нанесенні газотермічних покриттів. За допомогою металографічного аналізу досліджено гранулометричний склад порошку червоного шламу МГЗ. Встановлено, що він характеризується великим розкидом розмірів частинок у діапазоні від 1 до 1000 мкм. Найбільша їх кількість менша за 5 мкм (35%) також спостерігається наявність великої кількості фракції з розміром від 10 до 50 мкм (26%) та від 50 до 100 мкм (12%). На основі отриманих даних встановлено, що для газотермічного напилення можна застосовувати до 20% червоного шламу, оскільки необхідний розмір частинок становить від 40 до 80 мкм. Отримано експериментальні зразки композиційних електродугових покриттів шляхом розпилення дроту з алюмінієвого сплаву системи Al-Si марки ER4043 та порошку червоного шламу МГЗ за рахунок використання модернізованого розпилювача EM-14M. Аналіз мікроструктури покриттів показав, що вони характеризуються досить низькою пористістю, яка становить близько 6%, в структурі добре диференціюються частинки червоного шламу та сплаву Al-Si. Проведено ідентифікацію фаз шляхом визначення їх мікротвердості на поперечних шліфах при навантаженні на індентор 20 г. Встановлено, що мікротвердість металевої матриці складає 526 МПа; червоного шламу – 658 МПа. За планіметричним методом встановлено кількість червоного шламу у покриттях, що склала 12,2% об. Штифтовим методом визначено міцність зчеплення традиційних з дроту ER4043 (12,1 МПа) та композиційних ER4043(Al-Si) – червоний шлам (10 МПа) покриттів з металевою основою.

Ключові слова: електродугове напилення, червоний шлам, композиційні покриття, міцність зчеплення, пористість.

Karpechenko A. A.,

karpechenkoanton@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7543-4159,

Scopus Author ID: 57194341724,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of

Department of Materials Science and Metal Technology,

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Bobrov M. M.,

laborantmtm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9098-6912,

Scopus Author ID: 57194197238,

Ph.D., assistant of Department of Materials Science and Metal Technology,

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Lymar O. O.,

aleksandr1402aa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0301-7313,

Scopus Author ID: 57222551369,

*Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Tractors and Agricultural Machinery,
Operating and Maintenance*

Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv

FORMATION OF ALUMINIUM COMPOSITE ELECTRIC ARC COATINGS WITH RED MUD ADDITION

Abstract. *It is shown that the problem of bauxite production waste disposal, namely red mud, is especially urgent for the Mykolaiv region, since the Mykolaiv Alumina Plant (MAP) is located on its territory, at the beginning of 2019 about 43.5 million tons of hazardous raw materials are stored in the sludge storage facilities. Modern methods of its processing are analyzed, consisting mainly of reductive annealing and magnetic separation with various impurities. It has been established that the direction associated with the use of red mud as a sprayed material in the application of thermal sprayed coatings is promising. With the help of metallographic analysis, the granulometric composition of the MAP red mud powder was studied. It has been established that they are characterized by a large spread of particle sizes in the range from 1 to 1000 μm . The largest number of them is less than 5 μm (35%), there is also a large amount of a fraction with a size of 10 to 50 μm (26%) and 50 to 100 μm (12%). Based on the obtained data, it was found that up to 20% of red mud can be used for thermal spraying, since the required particle size is from 40 to 80 microns. Experimental samples of composite electric-arc coatings were obtained by spraying wire from an aluminum alloy of the Al-Si system of grade ER4043 and NAP red mud powder using a modernized spraying gun EM-14M. An analysis of the microstructure of the coatings showed that they are characterized by a rather low porosity, which is about 6%; particles of red mud and Al-Si alloy are well differentiated in the structure. The phases were identified by determining their microhardness on cross sections at a load of 20 g on the indenter. It is established that the microhardness of the metal matrix is 526 MPa; red mud – 658 MPa. The planimetric method determined the amount of red mud in the coatings, which amounted to 12.2% vol. The pin method determined the bond strength of conventional from wire ER4043 (12.1 MPa) and composite ER4043 (Al-Si) – red mud (10 MPa) coatings.*

Key words: electric arc spraying, red mud, composite coatings, bond strength, porosity.

JEL Classification: O 14

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-02>

Постановка проблеми. З підвищенням світового споживання алюмінію збільшується кількість відходів, що утворюються у процесі виробництва глинозему за способом Байєра – червоних шламів. Залежно від складу вихідних бокситів і технології, на 1 т глинозему утворюється від 0,9 до 1,5 т цих відходів [1, 2]. До сих пір червоні шлами не переробляються, а накопичуються в спеціальних шламосховищах. Через високий

вміст лугів та високодисперсність шламу його складування становить небезпеку для людини і навколишнього середовища [3]. Особливо актуальною дана проблема є для Миколаївської області, оскільки на її території розташовано одне з найбільших в Європі підприємств кольорової металургії Миколаївський глиноземний завод (МГЗ). За останні 10 років на шламосховищах МГЗ кількість накопиченого червоного

шламу збільшилася на 54% і за станом на 1 січня 2019 року складає 43,5 мільйони тон (рис. 1). Це 82,2% від усіх накопичених відходів IV класу в Миколаївській області.

Червоний шлам на МГЗ зберігається на двох шламосховищах (рис. 2). Перше було введено в експлуатацію в 1980 році з проектною потужністю 20 мільйонів м³ шламу. Шламосховище № 1 знаходиться на першій заплаві Дніпро-Бузького лиману, в дамбах висотою 22 метри з боку лиману і 12 метрів з боку схилів. Шлам складався мокрим методом – для зручності транспортування розбавляли водою. Шламосховище № 2 було введено у роботу у 2007 році. Складування шламів проводиться сухим методом шляхом згущення. Будівництво вели з урахуванням новітніх технологій. Проектна потужність 1,5 мільйона м³ на рік [4].

На даний момент шламосховища заповнюються досить активно тому проблема вторинного використання шламу стоїть дуже гостро.

Дослідження по переробці червоних шламів ведуться по всьому світу і в даний час розроблені сотні способів їх утилізації. В останні роки число публікацій по темі рециклінгу червоних шламів значно зросло. Однак незважаючи на численні дослідження, до сих пір лише незначна частина червоних шламів піддається переробці, що обумовлено низькою рентабельністю більшості технологій, високими капітальними витратами на освоєння нових і складністю реалізації виробленої продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [5-7] був вивчений процес відділення заліза з червоного шламу способом прямої магнітної сепарації, проте отримані концентрати міс-

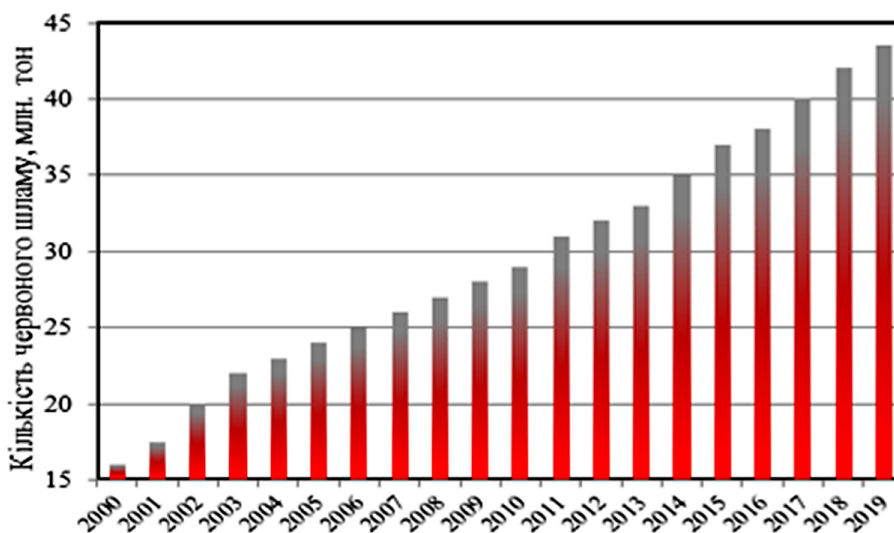


Рис. 1. Накопичення красеного шламу на шламосховищах МГЗ за 2000...2019 роки (станом на 1 січня) [4]



а



б

Рис. 2. Загальний вигляд шламосховищ МГЗ: а – шламосховище № 1; б – шламосховище № 2 [4]

тили не більше 47% заліза при низькому ступені його вилучення. Тому пряму магнітну сепарацію не можна розглядати як спосіб виділення заліза в окремий продукт, а лише як спосіб збагачення червоного шламу.

Низькотемпературне відновлення при температурах 1050...1200 °С дозволяє знизити витрату електроенергії на видобуток заліза, однак при цьому збільшуються необхідні витрати на дроблення спека і сепарацію магнітних фракцій, при цьому видобуток заліза не завжди залишається задовільним. Відділення магнітних фаз після відновного відпалу ускладнено, так як отримані магнітні фази мають занадто маленький розмір і важко відокремлюються від порожньої породи [8]. Для їх укрупнення в ході відновлення використовують різні добавки. Так, у роботі [9] змішували червоний шлам з вуглецем і добавками Na_2SO_4 і CaO , після чого проводили карботермічне відновлення суміші з подальшою магнітною сепарацією. Було визначено оптимальні умови відновлення суміші червоного шламу з 9% Na_2SO_4 , 9,46% CaO і 16% вугілля.

Автори роботи [10] повідомляють, що добавки Na_2CO_3 і CaF_2 також покращують ефективність магнітної сепарації відновленого карботермічним способом заліза з червоного шламу. У дослідно-промисловому масштабі випробувана технологія виробництва з червоного шламу чавуну [11] і мінеральної вати. В роботі [12] описано використання шлаку відновлювальної плавки червоного шламу в якості добавки в портландцемент. У 2009 році алюмінієвий завод Шаньсі (Китайська Народна Республіка) успішно розробив вогнетривку теплоізоляційну цеглу для промислових печей, використовуючи червоний шлам та золу в якості сировини. Коефіцієнт додавання шламу та золи складав більше 50%. Виробнича лінія потужністю 100 000 тонн запрацювала у 2010 році [13]. Інноваційним є рішення авторів роботи [14] застосовувати червоний шлам у якості напилюваного матеріалу при плазмовому нанесенні покриттів. Покриття товщиною до 210 мкм отримували на різних потужностях плазмотрону (6, 9, 12, 16 кВт) на підкладках з вуглецевої та неіржавіючої сталей, алюмінію і міді. Подальші дослідження [15] полягали у формуванні композиційних плазмових покриттів з додаванням червоного шламу. Наносили суміші червоного шламу з золою (30%, 50%), вуглецем (20%) та алюмінієм (5%). Пористість покриттів складала від 8% до 13%, вдалося підвищити міцність зчеплення до 13 МПа.

Постановка завдання. Мета роботи полягає у дослідженні можливості формування композиційних електродугових покриттів із додаванням червоного шламу, аналізі отриманої мікроструктури та визначенні їх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перед напиленням покриттів провели дослідження гранулометричного складу порошку червоного шламу з шламосховища МГЗ металографічним методом. Для запобігання конгломерації частинок застосовували спиртовий розчин. Знімки частинок шламу отримували за допомогою цифрової камери Delta Optical HDCE-20C, що укомплектована програмним забезпеченням для обробки зображень Score Image 9.0, на оптичному металографічному мікроскопі ММУ-3. Прожарювання червоного шламу виконували в сушильній шафі ШСВ 3,5.3,5.6/3,5 при температурі 350 °С протягом 3 годин. Ситову класифікацію проводили на віброситі СО-130У2, використовуючи сітку номерів 004 і 008 за ГОСТом 6613-86. В результаті просіювання виділено порошок фракцією 40...80 мкм, який застосовувався для отримання композиційного електродугового покриття. Застосування більш дрібнодисперсного порошку при напиленні зазвичай супроводжується покращеним заповненням покриття, що приводить до збільшення його щільності та зменшення пористості. Будова покриття стає більш однорідною. Однак на практиці мінімальний розмір часток при газотермічному напиленні повинен бути не менше 40 мкм, що обумовлено рядом причин введення порошку в розпилувач.

Підготовку поверхні зразків здійснювали безпосередньо перед напиленням за допомогою установки струменево-абразивної обробки марки 026-7 «Ремдеталь». Як абразив використовували електрокорунд марки 7Б, шліфзерно номер 125. Струменево-абразивну обробку поверхні проводили на наступному технологічному режимі:

- тиск стисненого повітря, МПа – 0,4–0,6;
- відстань від зрізу сопла до оброблювальної поверхні, мм – 100–150;
- діаметр сопла, мм – 12;
- кут падіння струменя на оброблювальну поверхню, град – 60–90;
- лінійна швидкість переміщення пістолета, мм/хв – 50–400.

Обробка проводилася в декілька проходів.

Контроль якості обробленої поверхні проводився візуально. Оброблена поверхня сталевих

пластин і зразків, призначених для дослідження мікроструктури та визначення міцності зчеплення покриттів з основою відповідно, після струменево-абразивної обробки мала сірвато-матовий відтінок. Величина шорсткості обробленої поверхні складала $R_z = 38-75$ мкм.

Електродугові композиційні покриття наносили шляхом розпилення дроту з алюмінієвого сплаву системи Al-Si марки ER4043 та порошку червоного шламу за допомогою установки КДМ-2, що укомплектована апаратом EM-14M з модернізованим ковпаком розпилювальної голівки, який оснащений вузлом безперервної подачі порошку у високотемпературну зону дугового розряду [16]. Напилення здійснювали на сталеві пластини, виготовлені з вуглецевої конструкційної якісної сталі 45 розміром $50 \times 20 \times 5$ мм і на зразки, які призначені для визначення міцності зчеплення з основою. Товщину покриттів визначали вимірами зразків до і після напилення штангенциркулем. Товщина напилених покриттів становила $1,5...2,0$ мм. Параметри технологічного режиму напилення обиралися виходячи з попередніх досліджень щодо формування композиційних керметних покриттів [17] та становили: сила струму – 120 А, напруга на дузі – 30 В, тиск стисненого повітря – 0,6 МПа, дистанція напилення – 100 мм. Порошок червоного шламу подавали у високотемпературну зону дугового розряду за рахунок атмосферної інжекції.

Результати досліджень. Загальний вид порошку червоного шламу з додаванням спиртового розчину (рис. 3 а) та результати визначення його гранулометричного складу (рис. 3 б) наведено на рис. 3.

Аналіз наведених даних показує, що частинки червоного шламу мають розмір у широкому діапазоні від 1 мкм до 1000 мкм. Найбільша кіль-

кість частинок менша за 5 мкм (35%) та з розміром від 10 до 50 мкм (26%). Для газотермічного напилення покриттів використовується порошок розміром $40...80$ мкм, тому для їх отримання можна застосовувати лише до 20% червоного шламу після операцій прожарювання та ситової класифікації.

На рис. 4 представлено мікроструктуру отриманих композиційних електродугових покриттів.

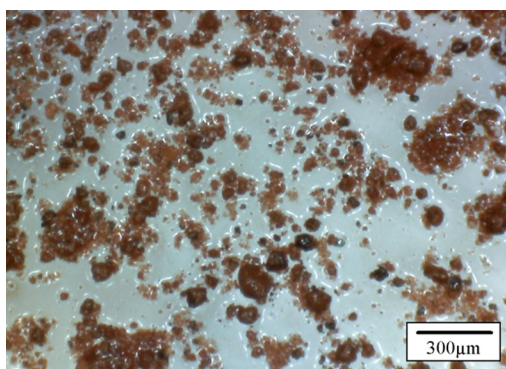
Металографічний аналіз наведених мікроструктур показав, що електродугові композиційні покриття системи дріт ER4043(Al-Si) – червоний шлам характеризуються досить низькою пористістю, яка становить близько 6%, в структурі добре диференціюються частинки темної (імовірно частинки червоного шламу) і світлої (сплав Al-Si) фаз.

Ідентифікацію фаз в композиційному покритті проводили шляхом вимірювання їх мікротвердості (рис. 5).

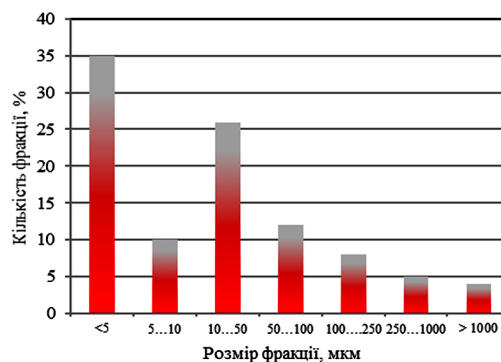
Середня мікротвердість світлої фази (сплав Al-Si) складала 526 МПа; темної 658 МПа, що відповідає мікротвердості червоного шламу [18]. Об'ємний вміст червоного шламу в отриманих покриттях склав 12,2%. У порівнянні з композиційними металокарбідними покриттями системи 65Г-TiC, отриманими на аналогічному режимі напилення у роботі [18], вміст наповнювача нижчий, що пояснюється низькою щільністю червоного шламу.

Більш легкі напилювані частинки червоного шламу виносяться на периферію високотемпературного струменя при напиленні та рідше закріплюються у сформованому покритті.

Основна увага при дослідженні експлуатаційних властивостей газотермічних покриттів приділяється міцності зчеплення їх з основою. Це, очевидно, пов'язано з тим, що при роботі покриттів



а



б

Рис. 3. Результати дослідження порошку червоного шламу: а – загальний вид порошку; б – гранулометричний склад порошку

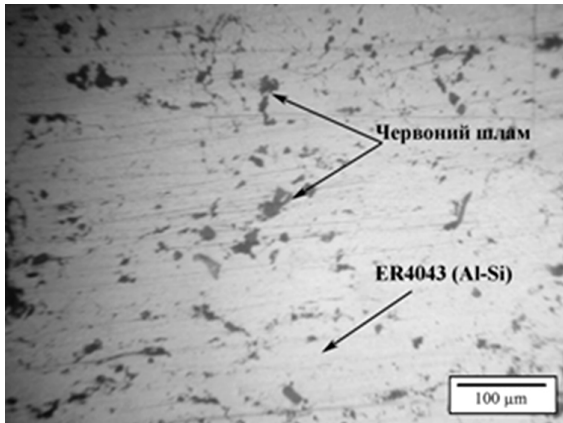


Рис. 4. Мікроструктура електродугового покриття з композиції дрот ER4043(Al-Si) – червоний шлам

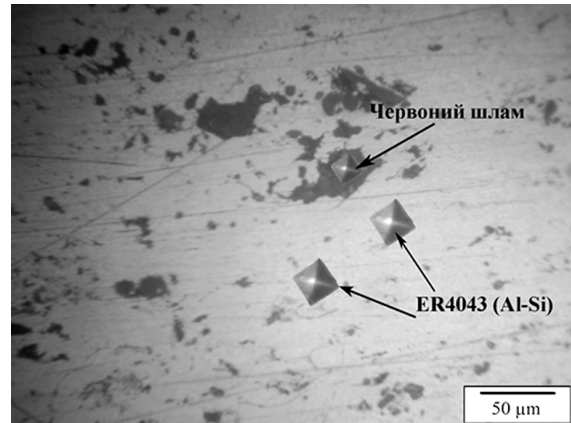


Рис. 5. Знімок відбитків індентора на різних фазах при вимірюванні їх мікротвердості

має місце їх відшарування від матеріалу основи і тому сформувався переконання, що адгезійна міцність є лімітуючим параметром. У даній роботі для визначення міцності зчеплення використовували метод «витягування конусного штифта», оскільки він дозволяє оперативно проводити випробування безпосередньо після нанесення покриттів на зразки. Їх також виготовляли з вуглецевої конструкційної якісної сталі 45. Перед нанесенням покриттів на поверхню, що підлягає напиленню, її знежирювали технічним етанолом і піддавали струменево-абразивної обробки. Товщина нанесених покриттів не перевищувала 0,5...0,7 мм. Для отримання результатів міцності зчеплення покриттів з основою напилення на одному і тому ж режимі виконували в один прохід на 5 зразків одночасно. Міцність зчеплення покриттів з основою визначали на розривній машині УММ-5. Результати визначення міцності зчеплення електродугових покриттів з дроту ER4043 та з композиції дрот ER4043(Al-Si) – червоний шлам наведено на рис. 6.

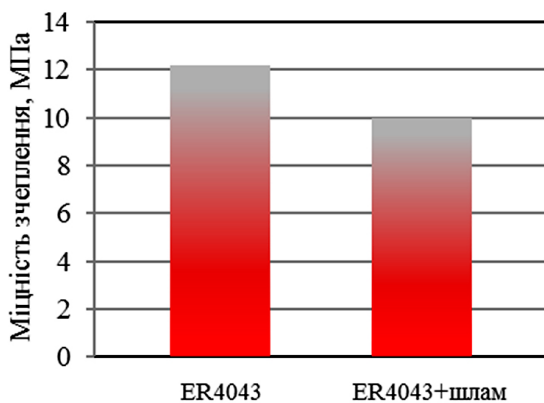


Рис. 6. Результати визначення міцності зчеплення з основою електродугових покриттів

Згідно з представленими даними, композиційні покриття з червоним шламом характеризуються меншою міцністю зчеплення з основою (–18%) у порівнянні з покриттями без наповнювача. При електродуговому напиленні більшість частинок червоного шламу не проплавляється та потрапляє до основи в твердому стані, оскільки вони мають високу температуру плавлення, а часу їх знаходження в зоні дугового розряду не достатньо для її досягнення. Тому зниження зазначеної характеристики пояснюється зменшенням фактичної площі контакту покриття з основою.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проаналізовано основні напрямки щодо переробки та утилізації відходів виробництва алюмінію – червоного шламу, вказано на перспективу використання даного матеріалу для нанесення газотермічних покриттів, зокрема композиційних. Отримано композиційні електродугові покриття з композиції дрот ER4043 (Al-Si) – червоний шлам за рахунок використання модернізованого розпилювача EM-14M, проаналізовано їх мікроструктуру. Проведено ідентифікацію фаз шляхом визначення їх мікротвердості. Показано, що пористість композиційного покриття складає близько 6%, а кількість червоного шламу – 12,2% об. Штифтовим методом визначено міцність зчеплення зі сталеву основи ненаповнених з дроту ER4043 (12,1 МПа) та композиційних ER4043 – червоний шлам (10 МПа) покриттів. Зниження адгезійної міцності пояснюється зменшенням фактичної площі контакту покриття з основою за рахунок неповного проплавлення частинок наповнювача при напиленні. Подальші перспективи досліджень полягають у встановленні нових закономірностей і оптимізації процесу нанесення

зазначених електродугових покриттів, а також у визначенні їх зносостійкості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. R. Zhang, S. Zheng, S. Ma, Y. Zhang, "Recovery of alumina and alkali in Bayer red mud by the formation of andradite-grossular hydrogarnet in hydrothermal proces", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 189, pp. 827–835, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.03.004>.

2. K. Evan, "The history, challenges and new developments in the management and use of bauxite residue", *Journal of Sustainable Metallurgy*, vol.2, pp. 316–331, 2016. <https://doi.org/10.1007/s40831-016-0060-x>.

3. R. Boily, "Twenty cases of red hazard, an inventory of ecological problems caused by bauxite residue from alumina production", *Conference paper in Inforex*, Larval, Quebec, Canada, 2012, pp. 58–62.

4. «Сколько опасных отходов накопил НГЗ за последние 10 лет: С 28 млн тонн красного шлама – до 43», *НукВесту*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nikvesti.com/news/photoreportage/179475>. Дата звернення: Лютий. 7, 2020.

5. P. Zhang, X. Zhou, C. Shangguan, "Recovering iron from re mud with high gradient magnetic separator", *Applied Mechanics and Materials*, vols. 644–650, pp. 5447–5450, 2014. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.644-650.5447>

6. M. Fontana, S. Kmet, S. Jakabsky, "Treatment of red mud from alumina production by high-intensity magnetic separation", *Magnetic and Electrical Separation*, vol. 6, pp. 243–251, 1995.

7. Y. Li, H. Chen, J. Wang, "Research on red mud treatment by a circulating superconducting magnetic separator", *Environmental Technology*, vol. 35, pp. 243–249, 2014. <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.865763>.

8. G. Podgorodetskii, V. Gorbunov, V. Korovushkin, et al. "Structure of the red mud from Ural Aluminum Plant after heat treatment in reducing gas", *Steel in Translation*, vol. 42, pp. 379–186, 2012. <https://doi.org/10.3103/S0967091212050105>

9. T. Chun, D. Zhu, J. Pan, et al. "Preparation of metallic iron powder from red mud by sodium salt roasting and magnetic separation", *Canadian Metallurgical Quarterly*, vol. 53, pp. 183–189, 2014. <https://doi.org/10.1179/1879139513Y.0000000114>

10. Z. Huang, L. Cai, Y. Zhang, et al. "Reduction of iron oxides of red mud reinforced by Na₂CO₃ and CaF₂", *Journal of Central South University*, vol. 4, pp. 838–844, 2010.

11. E. Balomnenos, D. Kastritis, D. Panias, et al. "The Enexal bauxite residue treatment process: industrial scale pilot plant results", Chapter in Book: *Light Metals*. TMS: 2014.

12. Д.В. Зиновеев, В.Г. Дюбанов, А.В. Шутова, М.В. Зиняева, "Рециклинг красных шламов с получением металла и специальных добавок в цемент", *Металлы*, №1, с. 22–24, 2015.

13. M. Gu, "Research progress on key technologies of comprehensive utilization of Al₂O₃ red mud", *Light Metals*, vol.4, pp.10–16, 2014.

14. A. Satapathy, H. Sutar, S.C. Mishra, S.K. Sahoo, "Characterization of Plasma Sprayed Pure Red Mud Coatings: An Analysis", *American Chemical Science Journal*, vol. 3(2), pp. 151–163, 2013. <https://doi.org/10.9734/ACSJ/2013/3218>

15. H. Sutar, S.C. Mishra, S.K. Sahoo, A. Satapathy, "Morphology and solid particle erosion wear behavior of red mud composite coating", *Natural Science*, vol. 4(11), pp. 832–838, 2012. <https://doi.org/10.4236/ns.2012.41111>

16. О.М. Дубовий, А.А. Карпеченко, М.М. Бобров, А.О. Мазуренко, «Пристрій для електродугового напилення композиційних покриттів», *Патент України, МПК C23C 26/02, B05B 7/22*, № 111760, 10.06.2016.

17. О.М. Dubovoy, А.А. Karpechenko, М.Н. Bobrov, et al. "Electric arc spraying of cermet coatings of steel 65G-TiC system", *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, vol.2, pp. 63–68, 2021. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/063>

18. H. Sutar, R. Murmu, D. Roy, S. Mirsha, "Plasma Sprayed Mud-Fly Ash Composite coatings on Mild Steel: A Comprehensive Outline", *Physical Science International Journal*, vol 5(1), pp. 61–73, 2015.

REFERENCES:

1. R. Zhang, S. Zheng, S. Ma, Y. Zhang, "Recovery of alumina and alkali in Bayer red mud by the formation of andradite-grossular hydrogarnet in hydrothermal proces", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 189, pp. 827–835, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.03.004>

2. K. Evan, "The history, challenges and new developments in the management and use of bauxite residue", *Journal of Sustainable Metallurgy*, vol. 2, pp. 316–331, 2016. <https://doi.org/10.1007/s40831-016-0060-x>

3. R. Boily, "Twenty cases of red hazard, an inventory of ecological problems caused by bauxite residue from alumina production", *Conference paper in Inforex*, Larval, Quebec, Canada, 2012, pp. 58–62.

4. «Сколько опасных отходов накопил НГЗ за последние 10 лет: С 28 млн тонн красного шлама – до 43», *НукВесту*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nikvesti.com/news/photoreportage/179475>. Дата звернення: Лютий. 7, 2020.

5. P. Zhang, X. Zhou, C. Shangguan, "Recovering iron from re mud with high gradient magnetic separator", *Applied Mechanics and Mate-*

rials, vols. 644-650, pp. 5447–5450, 2014. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.644-650.5447>

6. M. Fontana, S. Kmet, S. Jakabsky, “Treatment of red mud from alumina production by high-intensity magnetic separation”, *Magnetic and Electrical Separation*, vol. 6, pp. 243–251, 1995.

7. Y. Li, H. Chen, J. Wang, “Research on red mud treatment by a circulating superconducting magnetic separator”, *Environmental Technology*, vol. 35, pp. 243–249, 2014. <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.865763>

8. G. Podgorodetskii, V. Gorbunov, V. Korovushkin, et al. “Structure of the red mud from Ural Aluminum Plant after heat treatment in reducing gas”, *Steel in Translation*, vol. 42, pp. 379–186, 2012. <https://doi.org/10.3103/S0967091212050105>

9. T. Chun, D. Zhu, J. Pan, et al. “Preparation of metallic iron powder from red mud by sodium salt roasting and magnetic separation”, *Canadian Metallurgical Quarterly*, vol. 53, pp. 183–189, 2014. <https://doi.org/10.1179/1879139513Y.0000000114>

10. Z. Huang, L. Cai, Y. Zhang, et al. “Reduction of iron oxides of red mud reinforced by Na_2CO_3 and CaF_2 ”, *Journal of Central South University*, vol. 4, pp. 838–844, 2010.

11. E. Balomnenos, D. Kastritis, D. Panias, et al. “The Enxal bauxite residue treatment process: industrial scale pilot plant results”, Chapter in Book: *Light Metals*. TMS: 2014.

12. Д.В. Зиновеев, В.Г. Дюбанов, А.В. Шутова, М.В. Зиняева, «Рециклинг красных шламов с полу-

чением металла и специальных добавок в цемент», *Металлы*, № 1, с. 22–24, 2015.

13. M. Gu, “Research progress on key technologies of comprehensive utilization of Al_2O_3 red mud”, *Light Metals*, vol. 4, pp. 10–16, 2014.

14. A. Satapathy, H. Sutar, S.C. Mishra, S.K. Sahoo, “Characterization of Plasma Sprayed Pure Red Mud Coatings: An Analysis”, *American Chemical Science Journal*, vol. 3(2), pp. 151–163, 2013. <https://doi.org/10.9734/ACSJ/2013/3218>

15. H. Sutar, S.C. Mishra, S.K. Sahoo, A. Satapathy, “Morphology and solid particle erosion wear behavior of red mud composite coating”, *Natural Science*, vol. 4 (11), pp. 832–838, 2012. <https://doi.org/10.4236/ns.2012.411111>

16. О.М. Дубовий, А.А. Карпеченко, М.М. Бобров, А.О. Мазуренко, «Пристрій для електродугового напилення композиційних покриттів», *Патент України, МПК C23C 26/02, B05B 7/22*, № 111760, 10.06.2016.

17. О.М. Dubovoy, А.А. Karpechenko, М.М. Bobrov, et al. “Electric arc spraying of cermet coatings of steel 65G-TiC system”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, vol.2, pp. 63–68, 2021. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/063>

18. H. Sutar, R. Murmu, D. Roy, S. Mirsha, “Plasma Sprayed Mud-Fly Ash Composite coatings on Mild Steel: A Comprehensive Outline”, *Physical Science International Journal*, vol 5(1), pp. 61–73, 2015.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2022

УДК 582.573: 635.262

Решетило Л. І.,

lidare@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1229-634X,

Researcher ID: G-9509-2020,

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

ФОРМУВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ТА БІЛКОВОГО СКЛАДУ ЧАСНИКУ ПРИ ВЕГЕТАЦІЇ В ЗОНІ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація. Рослинні амінокислоти мають значний вплив на функціонування різноманітних систем організму людини, посилюють дію біологічно активних речовин та сприяють більш швидкому їх засвоєнню. У зв'язку з цим актуальним є вивчення формування їх у процесі вегетації та дослідження вмісту в різних сортах часнику, що дає можливість рекомендувати для споживання сорти з найбільш високим їх вмістом. Часник – однорічна рослина, яка за своєю значимістю серед овочевих культур займає одне з провідних місць, користується значним попитом у населення та у консервній, м'ясопереробній, фармацевтичній промисловості, медицині та інших галузях. У статті охарактеризовано динаміку формування у часнику окремих сортів стрілкуючих і нестрілкуючих форм, вирощених в умовах Західного Лісостепу України, цукрів редуруючих, сахарози, клітковини, пектинових і азотистих речовин, загального, білкового та небілкового азоту. Проведено дослідження якісного складу вуглеводів хроматографічним методом, ідентифікацію амінокислот та зміну їх кількісного та якісного складу під час вегетації. Результати хроматографічного дослідження якісного складу цукрів часнику показали, що у головках всіх досліджуваних сортів у період їх утворення міститься глюкоза, фруктоза і сахароза. У фазі інтенсивного росту (липень місяць) у зубках часнику було ідентифіковано рафінозу. Відомо, що цей трисахарид у рослинах знаходиться у вільному стані і виконує роль запасних вуглеводів та при кислотному гідролізі дає глюкозу, фруктозу і галактозу. У всіх досліджуваних сортів часнику як у фазі закладання зубків, так і у стадії технічної зрілості переважають замінні амінокислоти, при цьому вміст їх у стрілкуючих форм є більшим, ніж у нестрілкуючих. Результати наших досліджень свідчать, що часник є цінною овочевою культурою у харчовому відношенні і під час вегетації нагромаджує ряд поживних корисних речовин, якими збагачує організм людини.

Ключові слова: часник, сорт, вирощування, формування, вегетація, зміна, цукри, білки, амінокислоти, ідентифікація.

Reshetylo L. I.,

lidare@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1229-634X,

Researcher ID: G-9509-2020,

Ph.D., Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Studies, Customs Business and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

FORMATION OF HYDROCARBON AND PROTEIN COMPOSITION OF GARLIC DURING VEGETATION IN THE ZONE OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Abstract. Plant amino acids have a significant impact on the functioning of various systems of the human body, enhance the action of biologically active substances and promote their faster assimilation. In this regard, it is important to study their formation during the growing season and study the content in different varieties of garlic, which makes it possible to recommend for consumption varieties with the highest content of the biologically active substances. Garlic is an annual plant, which is one of the leading vegetable crops and is in great demand among the population as well as in canning, meat processing, pharmaceutical, medical and other industries. The article describes the dynamics of formation of reduction sugars, sucrose, fiber, pectin and nitrogenous substances, general, protein and non-protein nitrogen in garlic of certain varieties of shooting and non-shooting forms grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The study of the qualitative composition

of carbohydrates by chromatographic method, identification of amino acids and changes in their quantitative and qualitative composition during the growing season is implemented. The results of chromatographic study of the qualitative composition of garlic sugars showed that the heads of all studied varieties in the period of their formation contain glucose, fructose and sucrose. During the intensive growth phase (July), raffinose was identified in garlic cloves. It is known that this trisaccharide in plants is in the free state and acts as a reserve carbohydrate and in acid hydrolysis excrete glucose, fructose and galactose. In all studied varieties of garlic, both in the phase of cloves laying and in the stage of technical maturity, substitute amino acids predominate, and their content in shooting forms is higher than in non-shooting. The results of our research show that garlic is a valuable vegetable crop in terms of nutrition and during the growing season accumulates a number of nutrients that enrich the human body.

Key words: garlic, variety, cultivation, formation, vegetation, change, sugars, proteins, amino acids, identification.

JEL Classification: L60

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-03>

Постановка проблеми. Часник – цінна і широкоживана овочева культура, яку вирощують у всіх регіонах України. Формування його хімічного складу, споживних властивостей та харчової цінності відбувається під час вегетації і залежно від умов і зон вирощування.

До основних речовин, які визначають поживну цінність часнику, належать цукри, полісахариди та азотисті речовини і важливим є питання їх формування під час вегетації.

Від кількості білку, що надходить в організм, залежить здоров'я, фізичний розвиток та працездатність.

Рослинні амінокислоти мають значний вплив на функціонування різноманітних систем організму людини, посилюють дію біологічно активних речовин та сприяють більш швидкому їх засвоєнню. У зв'язку з цим актуальним є вивчення формування їх у процесі вегетації та дослідження вмісту в різних сортах часнику, що дає можливість рекомендувати для споживання сорти з найбільш високим їх вмістом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Часник належить до овочевих культур, висока цінність якого зумовлена його хімічним складом. Вивченням біохімічного складу часнику в умовах Західного Лісостепу України займалися Барабаш О. Ю., Демкевич Л. І. [1, 2], в умовах Середньої Азії і Казахстану – Бекдаірова К. Ж., Клишев Л. К., в умовах Криму – Горбань К. Є., в інших регіонах – Гусев С. П., Комісаров В. А. та інші.

Одним із найбільш важливих компонентів хімічного складу часнику є вуглеводний комплекс, окремі компоненти якого беруть участь в окисно-відновних процесах, зокрема в процесах дихання, від інтенсивності якого

залежить термін зберігання рослинної продукції та її якість. Вченими Харківського національного аграрного університету Яровим Г. І., Пузік Л. М. та Чечуй О.Ф. [10] проводилися дослідження щодо впливу селену на врожайність і вміст цукрів у озимих сортах часнику. У дослідях за добу до посадки цибулини обприскували розчинами селеніту натрію, а також у фазі трьох, семи листків, стрілкування та за тиждень до збирання врожаю. За результатами проведених ними досліджень було встановлено, що у цибулинах часнику під час збирання урожаю після обробки рослин селеном відбувається збільшення вмісту загальних водорозчинних цукрів. Виявлено тенденцію до збільшення вмісту сахарози за умов обробки рослин часнику селенітом натрію в концентрації 2,4 мг/дм³ відносно контрольних варіантів, вміст глюкози не змінювався після обробки селеном. Було виявлено позитивний вплив селену на урожайність часнику, а також уповільнення гідролізу сахарози на фоні зменшення інтенсивності дихання після обробки мікроелементом через три місяці зберігання цибулин часнику у штучних умовах охолодження. Це свідчить про те, що зміни у вуглеводному комплексі впливають на якість продукції і тривалість її зберігання.

Останніми роками в Україні Федосов А. І., Кисличенко В. С., Новосел О. М. [7] займалися пошуком рослин, які широко використовуються в їжу та накопичують амінокислоти у значній кількості і можуть бути джерелом збагачення ними різних страв. З досліджуваних культур ними було виділено часник. Цими авторами у цибулинах часнику було виявлено 16 амінокислот, із них у вільному стані у великих кількостях нагромаджувався аргінін (3,04%) і пролін

(1,56%), у зв'язаному стані – глютамінова кислота (10,59%) і аспарагінова кислота (6,06%).

Постановка завдання. Метою роботи було дослідження змін вуглеводів, білку, кількісного та якісного амінокислотного складу в головках часнику під час вегетації у зоні Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Часник – однорічна рослина, яка за своєю значимістю серед овочевих культур займає одне з провідних місць, користується значним попитом у населення, консервній, м'ясопереробній, фармацевтичній промисловості, медицині та інших галузях.

За даними Державної служби статистики України, у 2021 році посівні площі під часник склали 30,0 тис. га.

В Україні посівні площі під часник зосереджені переважно у Вінницькій, Одеській, Львівській, Київській, Кіровоградській, Харківській і Черкаській областях.

Основним продуктивним органом часнику є головка, яка складається із зубків, розміщених на плоскому стеблі – денці. Стрілюючі сорти часнику утворюють у середньому до семи порівняно великих зубків. У центрі головки міститься стрілка – стеблевидне утворення, яке закінчується суцвіттям. Цибулини нестрілюючого часнику більш складні, містять 10–20 і більше зубків, розміщених спіралью або концентричними колами.

Формування головок часнику, забезпечення високого врожаю і якості в значній мірі залежить від комплексу зовнішніх умов.

Для отримання високого врожаю озимий часник слід висаджувати на очищеному від бур'янів, рихлому й удобреному ґрунті.

Часник – рослина холодолюбна. Його коріння починає проростати при температурі ґрунту –1°C. Неукорінені зубки слабо переносять зниження температури і при –10°C починають вимерзати, в той час як укорінені – витримують морози до –30°C.

Досить вимогливий часник до вологості: при недостатній вологості ґрунту ріст головок затримується, зменшується площа листя і знижується урожай, а при надмірному зволоженні спостерігається загнивання головок.

Для вивчення формування споживних властивостей озимого часнику при вегетації нами було використано два сорти стрілюючого часнику і два сорти нестрілюючого часнику, отримані з місцевих форм.

Стрілюючі сорти Карпатський і Прикарпатський походять із передгірних районів Карпат, нестрілюючі сорти Бродівський і № 8 – з низинної частини Західного Лісостепу України.

На дослідних ділянках для вирощування часнику восени проводили оранку на глибину 25–27 см із боронуванням. Під передпосівну культивування вносили перегній із розрахунку 20 т/га і мінеральні добрива у формі аміачної селітри, суперфосфату і калійної солі. Часник висаджували окремими зубками у половині жовтня широкорядним способом (45x8 см) на глибину 4–6 см. Догляд за рослинами полягав у шаруванні, прополюванні, чотирикратному міжрядковому рихленні та поливах.

Утворення головок часнику досліджуваних сортів в умовах Західного Лісостепу України спостерігалось в останній декаді травня – перших числах червня, при цьому у стрілюючих форм вони з'являються на 3–5 днів швидше, ніж у нестрілюючих.

Молоді цибулини розвиваються повільно, з часом ріст їх посилюється і маса збільшується. Найбільший приріст маси головок спостерігався у стрілюючих форм часнику в другій половині червня: у сорту Карпатського – на 15,3 г, Прикарпатського – на 23,8 г, а у нестрілюючих форм – у першій половині липня: у сорту № 8 – на 9,6 г, Бродівського – на 22,8 г. Після того як головки повністю сформувалися (друга декада липня), маса їх почала дещо зменшуватися за рахунок підсихання потовщеної піхви листя і перетворення її у сухі пливчасті лусочки (табл. 1).

Таблиця 1

Формування маси головок часнику при вегетації, г

Дата дослідження	Сорт Карпатський	Сорт Прикарпатський	Сорт № 8	Сорт Бродівський
17 червня	28,4	20,1	4,6	10,1
4 липня	43,7	43,9	14,0	22,0
17 липня	51,3	52,9	23,6	44,8
2 серпня	48,7	50,9	23,0	43,7

Нами було встановлено, що формування головок озимого часнику стрілюючих і нестрілюючих форм в умовах Західного Лісостепу України складає 40–45 днів.

Середня урожайність часнику складала у сорту Карпатського 87,5 ц/га, Прикарпатського – 110,6 ц/га, №8 – 63,0 ц/га і Бродівського – 90,5 ц/га.

Важливим показником фізіологічного стану рослин є вміст у них сухих речовин. У головках

часнику в період їх утворення вміст сухих речовин складає у залежності від сорту 12,33–12,82%. За період вегетації вміст сухих речовин постійно збільшувався і при збиранні врожаю становив 33,69–36,07% (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна вмісту сухих речовин у головках часнику при вегетації, %

Дата дослідження	Карпатський	Прикарпатський	№ 8	Бродівський
3 червня	12,82	12,65	11,72	12,33
4 липня	25,01	24,04	22,84	20,88
17 липня	30,00	34,61	31,40	28,97
2 серпня	35,00	36,07	35,09	33,69

Збільшення кількості сухих речовин у головках часнику при вегетації відбувається за рахунок нагромадження у них поживних речовин. Різний їх вміст у рослинах є індивідуальною особливістю сорту і залежить від фізіологічної здатності клітин утримувати воду.

Важливою складовою хімічного складу часнику є вуглеводневий комплекс, окремі компоненти якого беруть участь у окисно-відновних процесах. Основну частину поживних речовин у головках часнику складають вуглеводи і полісахариди, на які припадає близько 27%. За час від посадки зубків до фази технічної зрілості у часнику відбувається їх нагромадження.

Результати наших досліджень показали, що за період із 3 червня по 2 серпня загальна сума цукрів збільшилася у головках часнику сорту Карпатський на 2,16%, Прикарпатський на 2,37%, № 8 – на 2,04%, Бродівський – на 2,14%, при цьому більш активний синтез цукрів відбувається у стрілкуючих форм (табл. 3).

Аналіз отриманих даних свідчить про збільшення вмісту редуруючих цукрів у головках часнику за період вегетації. З простих цукрів при формуванні головок переважає глюкоза, при цьому темп її нагромадження вищий, ніж фруктози. Слід зазначити: у головках часнику, що зберігається до весни, під впливом ферментів відбувається природний розпад сахарози та інуліну, завдяки чому в часнику переважають глюкоза і фруктоза.

Інтенсивне нагромадження сахарози у часнику відбувається у фазі закладання зубців і збільшується по мірі росту та розвитку рослин, досягає максимальної величини у фазі технічної зрілості і складає у нестрілкуючих сортів 4,26–5,00 %, стрілкуючих сортів 5,20–5,57%, що вказує на більш високу їх харчову цінність.

Результати хроматографічного дослідження якісного складу цукрів часнику показали, що у головках всіх досліджуваних сортів у період їх утворення міститься глюкоза, фруктоза і сахароза. У фазі інтенсивного росту (липень місяць) у зубках часнику було ідентифіковано рафінозу. Відомо, що цей трисахарид у рослинах знаходиться у вільному стані і виконує роль запасних

Таблиця 3

Динаміка вмісту цукрів у головках часнику в період вегетації, % на сиру масу

Дата дослідження	Вміст цукрів				
	Сума цукрів	редуючі цукри			Сахароза
		разом	глюкоза	фруктоза	
Сорт Карпатський					
3 червня	3,70	0,40	0,24	0,16	3,30
3 липня	4,43	0,54	0,36	0,18	3,89
2 серпня	5,86	0,66	0,45	0,21	5,20
Сорт Прикарпатський					
3 червня	3,92	0,47	0,31	0,16	3,45
3 липня	4,58	0,61	0,37	0,24	3,97
2 серпня	6,29	0,72	0,44	0,28	5,57
Сорт № 8					
3 червня	2,70	0,16	0,12	0,04	2,54
3 липня	3,32	0,41	0,32	0,09	2,91
2 серпня	4,74	0,48	0,36	0,12	4,26
Сорт Бродівський					
3 червня	3,55	0,48	0,32	0,16	3,07
2 липня	4,13	0,60	0,41	0,19	3,59
2 серпня	5,69	0,69	0,47	0,22	5,00

вуглеводів та при кислотному гідролізі дає глюкозу, фруктозу і галактозу. Крім цього, у головках стрілкуючих форм часнику були виявлені сліди мальтози (рис. 1).

Отже, склад цукрів стрілкуючих сортів часнику представлений глюкозою, фруктозою, сахарозою, рафінозою і мальтозою, нестрілкуючих сортів часнику – глюкозою, фруктозою, сахарозою і рафінозою.

Важливою запасною речовиною, яка нагромаджується переважно у підземних органах рослин, є інулін. Цей полісахарид є цінним у харчовому відношенні, оскільки легко засвоюється організмом людини. Результати наших досліджень показали, що у молодих головках часнику міститься досить високий його відсоток. Як видно з даних, наведених у табл. 4, по мірі дозрівання головок спостерігається збільшення кількості інуліну у всіх сортах часнику до періоду технічної зрілості. Деякі вчені вважають, що рівень вмісту інуліну в зубках часнику може бути біохімічним показником готовності його до збирання.

Нестрілкуючі сорти часнику №8 і Бродівський містять більше інуліну – 17,01 і 19,90%, відповідно, ніж стрілкуючі Карпатський – 16,32% та Прикарпатський – 19,86%.

Пектинові речовини, які є складовою стінок рослинних клітин і серединних пластинок, визначають щільність тканин, регулюють водний обмін, мають здатність зв'язувати токсини, важкі метали і радіоактивні елементи та виводити їх із організму, корисні у харчуванні.

Під час вегетації відбувається збільшення вмісту пектинових речовин. Так, у період закладки

зубків кількість їх складала у стрілкуючих сортів Карпатського – 0,73% і Прикарпатського – 0,67%, та нестрілкуючих № 8 – 0,46% і Бродівського – 0,61%, а у зрілих головках – 1,22%, 1,00%, 0,71% та 0,88% відповідно (табл. 5).

Встановлено: пектинові речовини часнику не мають желуючих властивостей, що пояснюється особливістю природи будови їх молекули.

Щодо клітковини, яка є основою клітинних стінок рослин, відомості у літературі по динаміці цього полісахариду в часнику під час вегетації відсутні. За результатами наших досліджень, за час вегетації у зубках часнику кількість клітковини збільшується, при цьому стінки клітин потовщуються і зубки стають більш грубими та твердими. Нагромадження клітковини у стрілкуючих сортів часнику відбувається більш інтенсивно порівняно з нестрілкуючими. За період із 4 червня по 2 серпня у сорту Карпатського вміст клітковини збільшився на 0,28%, Прикарпатського – на 0,38%, № 8 – на 0,16% і Бродівського – на 0,21%. Максимальна кількість клітковини відзначена у головках зрілого часнику і складала у сорту Карпатського 1,45%, Прикарпатського – 1,60%, № 8 – 1,21% і Бродівського – 1,25%.

В овочах азотисті речовини спостерігаються у вигляді білків, амінокислот, амідів амінокислот, азотистих основ і солей азотної кислоти.

У зубках часнику під час їх формування нагромаджується білковий азот і витрачається небілковий (табл. 6).

За період із 3 червня по 2 серпня вміст білкового азоту збільшився у сорту Карпатського

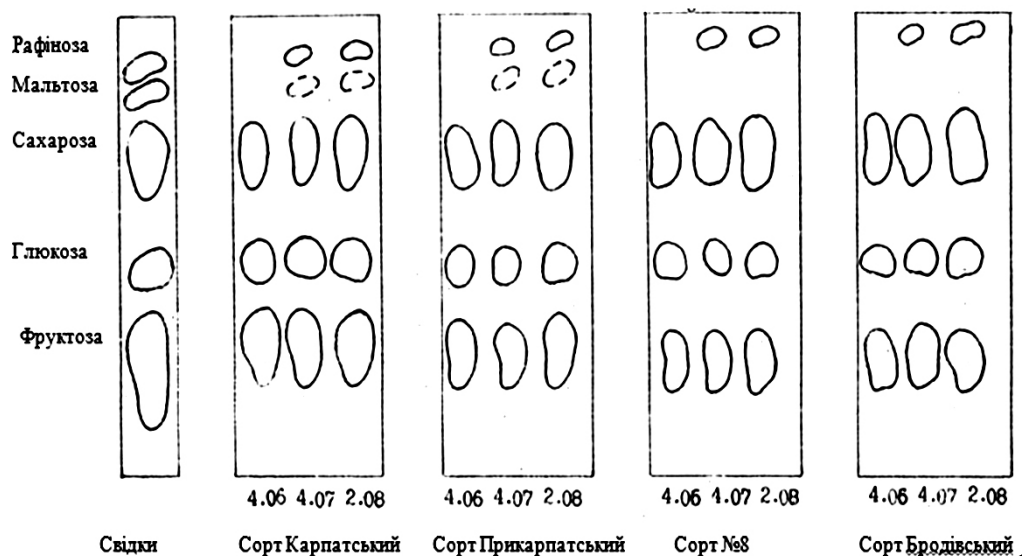


Рис. 1. Схема хроматограм зміни якісного складу цукрів у головках часнику при вегетації

Таблиця 4

Динаміка інуліну у головках часнику в період вегетації, % на сиру масу

Дата дослідження	Сорт часнику			
	Карпатський	Прикарпатський	№ 8	Бродівський
3 червня	0,82	0,84	2,85	2,09
17 червня	3,32	4,49	5,64	3,04
3 липня	7,06	11,84	11,17	7,45
17 липня	12,74	16,70	17,72	13,00
2 серпня	16,32	19,86	19,90	17,01

Таблиця 6

Динаміка вмісту азотистих речовин у часнику при вегетації, % на сиру масу

Дата дослідження	Загальний азот	Білковий азот	Небілковий азот	Блок (бN x 6,65)
Сорт Карпатський				
3 червня	0,90	0,32	0,58	2,00
3 липня	1,43	1,02	0,41	6,37
2 серпня	1,55	1,23	0,32	7,68
Сорт Прикарпатський				
3 червня	0,80	0,28	0,52	1,75
3 липня	1,33	0,93	0,40	5,81
2 серпня	1,44	1,17	0,27	7,31
Сорт № 8				
3 червня	0,41	0,23	0,18	1,44
3 липня	0,86	0,71	0,15	4,43
2 серпня	1,17	1,07	0,10	6,69
Сорт Бродівський				
3 червня	0,49	0,27	0,22	1,68
3 липня	0,98	0,80	0,16	5,00
2 серпня	1,23	1,11	0,12	6,94

у 3,8 рази, Прикарпатського – у 4,2 рази, № 8 – у 4,6 рази і Бродівського – у 4,1 рази, а небілкового – зменшився у 1,8-1,9 рази. За період росту і формування головок кількість загального азоту зросла у стрілкуючих сортів часнику у 1,7 – 1,8 рази, а нестрілкуючих – у 2,5-2,8 рази і у період зрілості складала у сорту Карпатського 1,55%, Прикарпатського – 1,44%, № 8 – 1,17% і Бродівського – 1,23%.

Із результатів наших досліджень видно, що в період формування головок часнику у всіх досліджуваних сортів відбувається активне нагромадження білку, вміст якого збільшився у сорту Карпатського на 5,68%, Прикарпатського – 5,56%, № 8 – 5,25% і Бродівського – 5,26% і у стадії технічної сплості складав 7,68%, 7,31%, 6,69% та 6,94% відповідно.

Методом колонкової іонообмінної хроматографії з використанням автоматичного аналіза-

Таблиця 5

Зміна вмісту пектинових речовин і клітковини у головках часнику при вегетації, % на сиру масу

Дата Дослідження	Сорт часнику			
	Карпатський	Прикарпатський	№ 8	Бродівський
Пектинові речовини				
4 червня	0,73	0,67	0,46	0,61
17 червня	0,85	0,70	0,47	0,64
4 липня	0,99	0,81	0,55	0,71
17 липня	1,16	0,90	0,58	0,83
2 серпня	1,22	1,00	0,71	0,88
Клітковина				
4 червня	1,17	1,22	1,05	1,05
17 червня	1,22	1,24	1,07	1,12
4 липня	1,24	1,29	1,10	1,20
17 липня	1,39	1,48	1,12	1,22
2 серпня	1,45	1,60	1,21	1,25

тора амінокислот у головках часнику нами було ідентифіковано 17 амінокислот, із них лізин, треонін, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, фенілаланін – незамінні, а гістидин, аргінін, серин, пролін, гліцин, аланін, цистин, тирозин, аспарагінова і глютамінова кислоти – замінні (табл. 7).

Таблиця 7

Зміна амінокислотного складу у головках часнику в період вегетації, % в протеїні

Амінокислоти	Карпатський		Бродівський	
	4 червня	2 серпня	4 червня	2 серпня
Лізин	0,41	0,66	0,18	0,63
Гістидин	0,15	0,21	0,12	0,32
Аргінін	0,12	1,43	0,08	1,15
Аспарагінова кислота	1,05	1,75	0,44	1,35
Треонін	0,11	0,20	0,05	0,23
Глютамінова кислота	1,32	2,85	0,42	1,67
Серин	0,16	0,27	0,10	0,28
Пролін	0,15	0,21	0,09	0,12
Гліцин	0,29	0,18	0,14	0,17
Аланін	0,35	0,25	0,42	0,40
Цистин	0,16	0,05	0,11	0,02
Валін	0,39	0,58	0,12	0,18
Метіонін	0	0,14	сліди	0,18
Ізолейцин	0,23	0,17	0,24	0,20
Лейцин	0,48	0,39	0,49	0,52
Тирозин	0	0	0	сліди
Фенілаланін	0,21	0,29	0,14	0,19
Всього, з них	5,58	9,64	3,14	7,64
незамінних	1,83	7,21	1,92	5,51
замінних	3,75	2,43	1,22	2,13

Мінімальна кількість амінокислот відзначена у молодих головках часнику в період їх утворення. За період дозрівання головок загальна кількість амінокислот підвищилася у сорту Карпатського на 4,06%, Прикарпатського – на 3,94%, № 8 – на 4,75%, Бродівського – на 4,50% і у період технічної зрілості складала 9,64%, 8,90%, 7,28% і 7,64% у протеїні відповідно, що свідчить про інтенсивний їх синтез.

Слід відзначити дещо різний характер зміни окремих амінокислот за період вегетації при формуванні головок. Спільним для всіх досліджуваних сортів часнику було нагромадження лізину, гістидину, аргініну аспарагінової і глютамінової кислот, треоніну, серину, валіну, проліну і зменшення аланіну. У зубках часнику сортів Карпатського і № 8 знизився вміст гліцину, цистину і ізолейцину, а у сорту Прикарпатського, – навпаки, підвищився. У сорту Бродівського кількість гліцину і лейцину збільшилася, тоді як цистину та ізолейцину зменшилася. У молодих зубках часнику сорту Бродівського був ідентифікований метіонін. У сортів Карпатського і Прикарпатського ця амінокислота з'явилася у фазі технічної зрілості, а у сорту № 8 була відсутня. У зрілих головках часнику сортів Прикарпатського і Бродівського було виявлено сліди тирозину.

Неоднаковий характер зміни окремих амінокислот у часнику в період формування і росту головок можна пояснити їх походженням, індивідуальними особливостями сорту, спадковими ознаками.

У всіх досліджуваних сортів часнику як у фазі закладання зубків, так і у стадії технічної зрілості переважають заміні амінокислоти, при цьому вміст їх у стрілюючих форм є більшим, ніж у нестрілюючих.

Результати наших досліджень свідчать, що часник є цінною овочевою культурою у харчовому відношенні і під час вегетації нагромаджує ряд поживних корисних речовин, якими збагачує організм людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва. К. : Арістей, 2005. 350 с.
2. Барабаш О. Ю., Демкевич Л. І. Цибуля і часник: хімічний склад і поживна цінність. К. : Урожай, 1992. 176 с.
3. Вирощування часнику озимого / С. І. Корнієнко, В. О. Муравйов, О. М. Гончаров та ін. / Ін-т овочівництва і баштанництва НАН України. Київ, 2015. 36 с.

4. Злобін Ю. К. Курс фізіології і біохімії рослин. К. : Університетська книга, 2019. 464 с.

5. Кобилецька М. С., Терек О. І. Біохімія рослин. Львів, 2017. 270 с.

6. Метлицкий Л. В. Биохимия плодов и овощей. URL: <https://ua1lib.org/book/3149988/979a49?id=3149988&secret=979a49>.

7. Федосов А. І., Кисличенко В. С., Новосел О. М. Визначення якісного та кількісного вмісту амінокислот у часнику цибулинах і листі. *Медична та клінічна хімія*. 2017. Т. 19. № 3. С. 42–46.

8. Чугунова М. В. Биохимия сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. Ростов-на-Дону : Феникс, 2017. 283 с.

9. Яковенко О. Біохімія. К. : Університетська книга, 2019. 380 с.

10. Яровий Г. І., Пузік Л. М., Чечуй О. Ф. Вплив селену на врожайність і вміст цукрів часнику озимого. *Вісник ХНАУ*. Серія Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання. 2017. Вип. 2. С. 150–157.

REFERENCES

1. Barabash, O. Yu. Taranenko, L. K. and Sych, Z. D. (2005), *Biologichni osnovy ovochivnytstva*, Aristej, K., 350 s.
2. Barabash, O. Yu. and Demkevych, L. I. (1992), *Tsybulia i chasnyk: khimichnyj sklad i pozhyvna tsinnist'*, Urozhaj, K., 176 s.
3. *Vyroschuvannia chasnyku ozymoho* / S. I. Kornienko, V. O. Muravjov, O. M. Honcharov ta in. (2015), *In-t ovochivnytstva i bashtannytstva NAN Ukrainy*, Kyiv, 36 s.
4. Zlobin, Yu. K. (2019), *Kurs fiziologii i biokhimii roslyn*, Universytets'ka knyha, K., 464 s.
5. Kobylets'ka, M. S. and Terek, O. I. (2017), *Biokhimiia roslyn*, L'viv, 270 s.
6. Metlytskyj, L. V. *Byokhymia plodov y ovoschej*, available at: <https://ua1lib.org/book/3149988/979a49?id=3149988&secret=979a49>
7. Fedosov, A. I. Kyslychenko, V. S. and Novosel, O. M. (2017), *Vyznachennia iakisnoho ta kil'kisnoho vmistu aminokyslot u chasnyku tsybulynakh i lysti*, *Medychna ta klinichna khimiia*, T. 19, № 3, s. 42–46.
8. Chuhunova, M. V. (2017), *Byokhymia sel'skokhoziajstvennoho syr'ia y pyschevykh produktov*, Fenyks, Rostov-na-Donu, 283 s.
9. Yakovenko O. (2019), *Biokhimiia*, Universytets'ka knyha, K., 380 s.
10. Yarovyj, H. I. Puzik, L. M. and Chechuj, O. F. (2017), *Vplyv selenu na vrozhajnist' i vmist tsukriv chasnyku ozymoho*, *Visnyk KhNAU*. Serii Roslynnytstvo, selektsiia i nasinnnytstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia., vyp. 2, s. 150–157.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2022

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., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

Кузьміна Т. О.,

edenkuz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6113-1923,

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

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР

Анотація. Статтю присвячено питанням сучасного розвитку і функціонування ресурсозберігаючих технологій переробки луб'яних культур. Нині виробництво волокнистої продукції потребує суттєвого аналізу та переоцінки, що обумовлено вагомими деструктивними змінами стану переробної сфери промисловості України. Лубоволокнисті культури, з яких одержують насіння, солому або тресту, являються одними з найскладніших для переробки. Відсутність виробництва в Україні спеціалізованого обладнання для первинної обробки технічних рослин та висока вартість зарубіжної техніки не сприяють переозброєнню переробної галузі на новітні технології. Метою роботи є пошук шляхів підвищення техніко-технологічних характеристик переробного обладнання лубоволокнистої сировини. У статті також проаналізовано устаткування, яке застосовується на промислових підприємствах та вимагає модернізації, оскільки має значний моральний та фізичний знос, що знижує ефективність обладнання та рентабельність галузі. Стаття містить теоретичні та експериментальні дослідження напрямків розробки і впровадження сучасних технологій переробки луб'яних культур з використання ефективних розробок складових та вузлових з'єднань м'яльної і тіпальної частин агрегату, які за рахунок нововведень можуть значно поліпшити процес відокремлення і очищення волокна від неволокнистої частини перероблювального матеріалу. У статті зазначено, що створення технологічної інноваційної лінії отримання очищеного волокна із луб'яної сировини та на її основі проведення модернізації технологічного обладнання було здійснено за схемою виробництва волокна з неорієнтованих стебел лубоволокнистого матеріалу. Запропонована конструкція агрегату для переробки стебел луб'яних культур дозволяє забезпечити ефективні умови порушення зв'язків між деревиною і волокном луб'яної сировини, достатнє відділення деревинної частини стебел від волокнистої, ефективно проводити очищення волокна від неволокнистих домішок, що в цілому позитивно впливає на ефективність роботи агрегату для переробки стебел лубоволокнистих культур та обумовлює універсальність його використання через можливість перероблення різних видів лубоволокнистої сировини в різних виробничих умовах.

Ключові слова: стебло, волокно, сировина, устаткування, переробка.

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

Kuzmina, T. O.,

edenkuz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6113-1923,

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

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF BAST CULTURES

Abstract. The article is devoted questions of modern development and functioning of the resource-saving technologies of processing of bast crops. Now fiber production requires significant analysis and revaluation, due to significant destructive changes in the processing industry of Ukraine. The bast-fiber plants are the most difficult to process, and when harvested, they produce seeds and straw or retted straw. The lack of production of specialized equipment in Ukraine for primary processing of technical plants and the high cost of foreign equipment hinder the re-equipment of the processing industry to the latest technologies. The aim of the work is to find increasing ways technical and technological characteristics of processing equipment of bast-fiber of raw materials. In the manuscript also provides the analysis of the equipment used in industrial enterprises requires modernization, as it is obsolete and physically worn out, which reduces equipment efficiency and the profitability of the industry. The article contains theoretical and experimental researches directions of the development and implementation of modern technologies for processing bast crops using effective development of components and nodes of the breaking and scutching unit parts, which due to innovations can significantly improve the separation and purification of fiber from non-fibrous parts of recyclable material. The article notes that the creation of a technological innovation line creation of a technological innovative line for producing purified fiber from the bast raw material and, on its basis, modernization of technological equipment was carried out according to the scheme of fiber production from polydispersed bast-fiber material stems. The proposed design of the assembly for processing the stems of bast crops provides ultimate conditions for breaking the links between wood and bast fiber, sufficient separation of the wood part of the stems from fibrous part, effective purification of the fiber from non-fibrous impurities, which, in general, has a positive effect on the performance of the assembly and provides for the versatility of its use due to the possibility of processing different types of bast fiber raw materials in different production conditions.

Key words: stem, fiber, raw material, equipment, processing.

JEL Classification: O 13, Q 16, Q 21

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-04>

Постановка проблеми. Значне місце в світовій економіці займає вирощування технічних культур, а товари, які вироблені на основі використання їх складових, стали необхідними у задоволенні потреб сучасних споживачів. Серед технічних культур особливе місце займають волокнисті рослини, з яких важливе місце в світовій торгівлі відіграють бавовна, льон, коноплі, джут, сизаль, абака. Лідерами з виробництва бавовни стали Китай, Індія, США, Пакистан, конопель – Канада, Китай, льону – Франція, Бельгія, Росія, Німеччина, Польща, джуту – Індія, кенафу – Індія, Іран, Монголія, абаки – Філіппіни, Бангладеш, сизалю – Кенія, Танзанія і Бразилія (рис. 1) [1].

З давніх часів на землях сучасної України населення вирощувало такі волокнисті культури як льон та коноплі. Дані традиційні рослини завжди відігравали значну роль в соціально-економічному житті населення. З ростом економічних відносин та розширенням світової торгівлі складові традиційних культур стали одними з основних сировинних компонентів для текстильної, целюлозо-паперової, фармацевтичної, будівельної та інших галузей промисловості [2].

Поряд з розширенням сфери застосування складових льону та конопель удосконалюється обладнання для поглибленої їх обробки, що покращує ефективність та загальну культуру

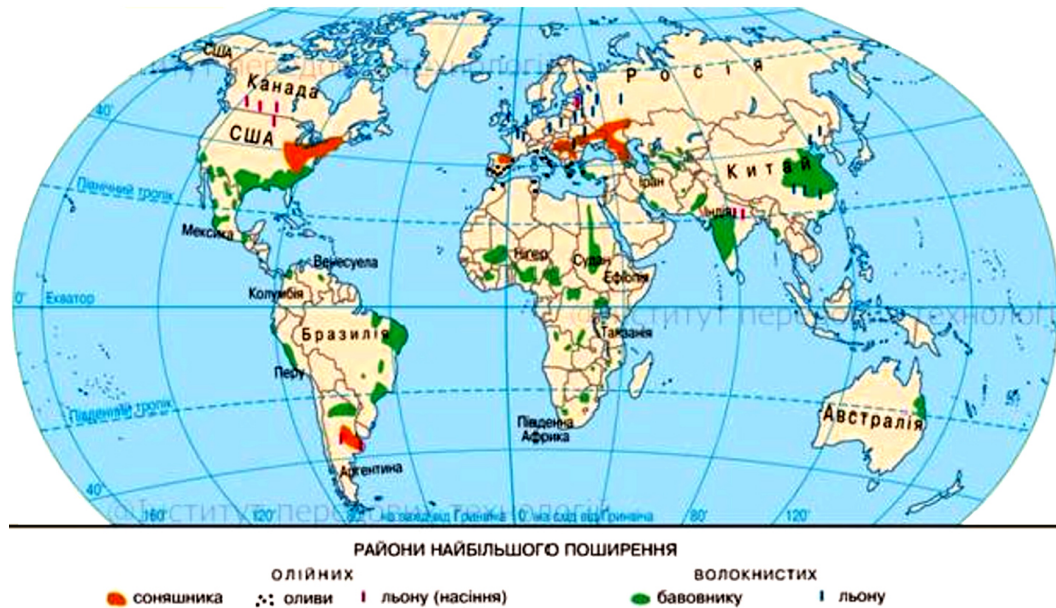


Рис. 1. Райони культивування технічних культур

переробки луб'яних рослин. Такі напрямки розвитку даних секторів економіки є актуальними світі. Однак, в Україні таке спрямування має слабовиражений характер через незацікавленість держави в розвитку льоно-конопляного комплексу, значний занепад переробної сфери промисловості, низьку технологічну культуру переробки стеблових матеріалів [2–3]. Такі кризові явища поглиблюються слабкістю вітчизняної економіки, воєнною агресією та недостатньо розкритою інвестиційною привабливістю.

На сьогоднішній день в Україні відсутнє виробництво спеціалізованого устаткування з переробки луб'яної сировини, яка спричиняє закупівлю підприємцями сучасних зразків такого обладнання за кордоном, що є занадто дорого для вітчизняного виробництва, або ж працювати на спрацьованому спорядженні, що суттєво впливає на якісні та кількісні показники кінцевої продукції. При цьому, слід зазначити, що вітчизняне устаткування вже суттєво застаріло, як морально, так і фізично, має високі показники енергетичності та металоємності [2, 4]. У таких умовах господарювання за низької врожайності і зменшення посівних площ даних культур неможливо отримати бажані соціально-економічні результати виробництва. Нестача виробництва натурального волокна змушує вітчизняні підприємства витратити значні валютні кошти на дозавантаження виробничих потужностей [2–3].

Тому, в умовах обмежених фінансових, енергетичних і матеріальних ресурсів для забезпечення стабільності переробного сектору еконо-

міки необхідно вирішити питання раціонального використання природних ресурсів, що є особливо актуальним на фоні уникнення залежності вітчизняної промисловості від закордонного постачання сировини та забезпечення економічної безпеки країни. Одним з напрямків вирішення поставлених проблем є розробка високотехнічних винаходів та застосування ефективних і енергоощадних технологій у сучасних виробничих умовах, що в цілому сприятиме зростанню рентабельності переробного сектору економіки та покращенню соціально-економічної складової депресивних територій країни [2–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом з'являються нові наукові матеріали [2–3, 5], в яких розкриваються дослідження щодо обробки лубоволокнистих матеріалів, способів підвищення якості волокнистої продукції та проектування обладнання, яке можна ефективно застосовувати при переробці льону та конопель.

У результаті аналізу наукових джерел [2–4, 6–7] було з'ясовано, що для підвищення продуктивності промислового устаткування з переробки луб'яної сировини необхідно комплексно використовувати різні способи впливу спорядження на процеси відокремлення волокнистої частини стебла від деревинної, а для підвищення якості волокна – застосовувати сучасні пристрої, які здатні більш м'яко впливати на волокно і жорсткіше на деревину.

На сьогоднішній день у світі відбуваються дискусії щодо підвищення ефективності переробки

луб'яної сировини на різних етапах обробки стеблового матеріалу, розробки дієвих пристроїв та механізмів, які здатні покращити процеси відділення і очищення волокна від деревини, формування нових наукових засад створення ресурсозберігаючих технологій отримання волокна з льону і конопель, які на основі використання високопродуктивного вузлового устаткування здатні вирішити питання росту показників якості і кількості кінцевої продукції.

Аналіз теоретичних та практичних досліджень [2–4, 5, 8] вказує на неефективність використання металоємного і енерговитратного обладнання та необхідність розробки сучасних способів переробки лубоволокнистих культур із застосуванням пристроїв, під час впливу яких на оброблюваний матеріал відбувається найнижча пошкодженість волокна.

Постановка завдання. Головним завданням роботи є – розробка напрямків підвищення технічних і технологічних показників устаткування з переробного лубоволокнистої сировини, вирішення теоретичних і практичних питань з виробництва волокна без розподілу на довге та коротке з використанням розроблених конструкцій вузлових з'єднань з обробки стебел луб'яних культур.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сировина, що поступає для переробки на промислове устаткування, неоднорідна за своїми фізико-механічними властивостями. Вітчизняні луб'яні культури суттєво різняться між собою за товщиною і довжиною стебла, за вмістом волокна, розміщенням і довжиною елементарних волокон. Луб'яні пучки у льону-довгунця складаються з довших клітин, ніж у льону олійного. Це обумовлює їх високу питому міцність. Ознаки якісного волокна безпосередньо залежать від анатомічної будови і зовнішніх особливостей стебла. Тонина волокна пов'язана з діаметром елементарних волокон. Довші елементарні волокна з меншим діаметром зумовлюють отримання більш тонкого, а отже, і більш цінного волокна [3, 6, 9]. Чим довшими є елементарні волокна, чим меншою є порожнина в них, чим більш вони багатогранні в поперечному перерізі, а також чим більше їх міститься в пучку, тим кращим, міцнішим і вищим за якістю буде технічне волокно.

Жмутки волокон коноплі на відміну від лляних мають більш щільну структуру, довжину та міцність у зв'язку з чим вони потребують більш жорстких механічних впливів при її первинній обробці на різних етапах переробки. Крім цього, слід зазначити той факт, що сировина, яка

потребує переробки, різних номерів та ступеню вилежування має різні фізико-механічні властивості [3].

Здатність стебел луб'яних культур щодо руйнування при виділенні волокна можна характеризувати такими основними ознаками:

– міцністю зв'язку волокна з деревиною – чим вона слабша, тим легше відокремлюється волокно;

– міцністю та пружністю волокна і деревини – найкращим поєднанням для руйнування є висока міцність та пружність волокна і мала міцність та пружність деревини;

– розмірами стебел – чим товще стебло, тим легше здійснити його руйнування та відокремлення волокна;

– жорсткістю, ламкістю деревини та зламостійкістю волокна – чим вища опірність волокна багаторазовому вигинанню та чим більша ломкість деревини, тим легше проводиться їх поділ.

Міцність і пружність стебел є властивостями, які значною мірою впливають на проходження технологічного процесу та якості готової продукції. Закостриченість волокна також є особливо важливим показником якості в технологічних процесах м'яття, тіпання і трясіння стеблового матеріалу. Всі робочі органи машин при проведенні технологічних процесів м'яття, тіпання налаштовуються на інтенсивну обробку луб'яного матеріалу з метою максимально необхідного порушення зв'язків між деревинною та волокнистою частинами з видаленням неволокнистих домішок [2–3, 8]. При цьому на виробництві дотримуються необхідного балансу в технологічному процесі переробки з орієнтацією на максимальне збереження природної цілісності волокна [4].

Мокре волокно має найменшу міцність, яка сильно залежить від фази розвитку стебел як для льону, так і для конопель. За фазами розвитку стебел у всіх випадках спостерігається підвищення міцності у міру дозрівання. У перестиглих стеблах міцність дещо знижується [3].

Знання зазначених властивостей, їх залежності від вологості та інших факторів дозволяє створювати оптимальні умови проходження технологічного процесу переробки стебел луб'яних рослин.

В умовах відсутності високоефективного переробного вітчизняного устаткування і простих технологій, доступних для сільськогосподарських виробників і малого бізнесу, необхідності обробки значних об'ємів стеблового матеріалу,

різниці в анатомічних і фізико-механічних властивостей луб'яних культур та збільшення вимог до волокнистого продукту, необхідно проектувати вузлові елементи та обладнання з переробки лляного матеріалу, які мають більш універсальні функціональні можливості з переробки сировини, зокрема, здатні проводити обробку стеблових матеріалу, що має широкий діапазон характеристик.

Процеси м'яття і тіпання вважають основними у технологічній переробці луб'яних культур, оскільки саме ці процеси, у першу чергу, впливають на показники якості отриманого волокна. Однак, при цьому не слід нехтувати іншими процесами переробки, оскільки підготовчі процеси – формування шару стебел, прочісування, вирівнювання та паралелізація стебел в шарі, структурування й потоншення шару трести – також мають вагоме значення у підсумковому результаті обробки [2–3, 8].

Усі технологічні процеси направлені на звільнення волокнистої маси від деревини та інших неволокнистих домішок при збереженості цілісності самого волокна.

Системний аналіз наукових робіт [2–4, 7–9], в яких розглянуто питання поглибленої переробки луб'яної сировини і проаналізовано напрямки покращення умов відокремлення деревини від волокнистої частини та підвищення ефективності технологічних процесів обробки льону й конопель дозволяє зазначити, що розробка сучасних технічних пристроїв та застосування інноваційних технологічних рішень позитивно впливає на кінцеві показники волокнистого продукту, а відповідно на економічні результати підприємств переробної промисловості.

Згідно розглянутих технологічних процесів, які на сьогоднішній час використовуються в світі, для вирішення зазначених проблем переробки луб'яної сировини рекомендовано застосування технології одержання однотипного волокна. При цьому розробка належного технологічного обладнання, вузлових з'єднань для здійснення ефективної переробки лубоволокнистого матеріалу без розподілу на довге та коротке волокно дозволяє значно спростити технологічні процеси збирання сировини й механічної обробки, що надає можливість підвищення продуктивності устаткування і покращення умов праці та загальної культури виробництва волокнистої продукції. За представленої технології також було застосовано зміну природи та спрямування механічних впливів на волокно під час проходження етапів

первинної переробки луб'яної сировини.

Зважаючи на результати проведеного аналізу сучасних техніко-технологічних напрямів впровадження інноваційних розробок у виробничі умови й тенденції розвитку льонарства і коноплярства та створення високопродуктивного обладнання здійснено конструювання технологічного устаткування за схемою виробництва волокна з неорієнтованої стеблової маси [10], яка вказана на рис. 2.

У наведеній схемі процесу переробки сировини луб'яних культур за інноваційною технологією представлено як процеси підготовки сировини, так і безпосередньої обробки. Особливу увагу приділено найбільш проблемним процесам м'яття і тіпання, які відіграють основну роль в ефективності проведення переробки луб'яної сировини, а також їх взаємодії з процесом трясіння та їх комплексного поєданого впливу на відділення деревної частини від волокна. Згідно наведеної схеми процесу переробки луб'яної сировини здійснено розробку вузлів високопродуктивного технологічного устаткування, його вузлових складових та опрацьовано перспективи їх подальшого застосування [2, 8].

Для отримання волокна без розподілу на довге та коротке вищезазначеним способом було розроблено устаткування, яке за рахунок конструктивних особливостей своїх частин може забезпечити ефективні умови порушення зв'язків між деревиною та волокном луб'яної сировини, достатнє відділення деревної частини стебел від волокнистої та підвищення ступеня очищення волокна від сторонніх домішок, що позитивно впливає на ефективність виробництва волокнистої продукції з стебел луб'яних культур.

Для реалізації цього було розроблено та застосовано плющильні вальці спеціальної конструкції, м'яльні вальці пологого рифлення зі значним радіусом закруглення кромки рифлів, очищувальні вальці планчастого, дискового, гребінчастого типу, тіпальний вузол, що містить більні планки хвилястого профілю та тіпальні ножі з виступом у вигляді гребеня. Застосування даного обладнання може забезпечити розширення можливостей обробки вітчизняної луб'яної сировини, що підвищує універсальність і продуктивність переробного обладнання в цілому [2, 4].

У рекомендованому способі одержання однотипного волокна з вітчизняних лубоволокнистих культур передбачено підготовчу фазу, до якої входять формування стеблових шару, за необхідності підсушування; початкову фазу – попередня

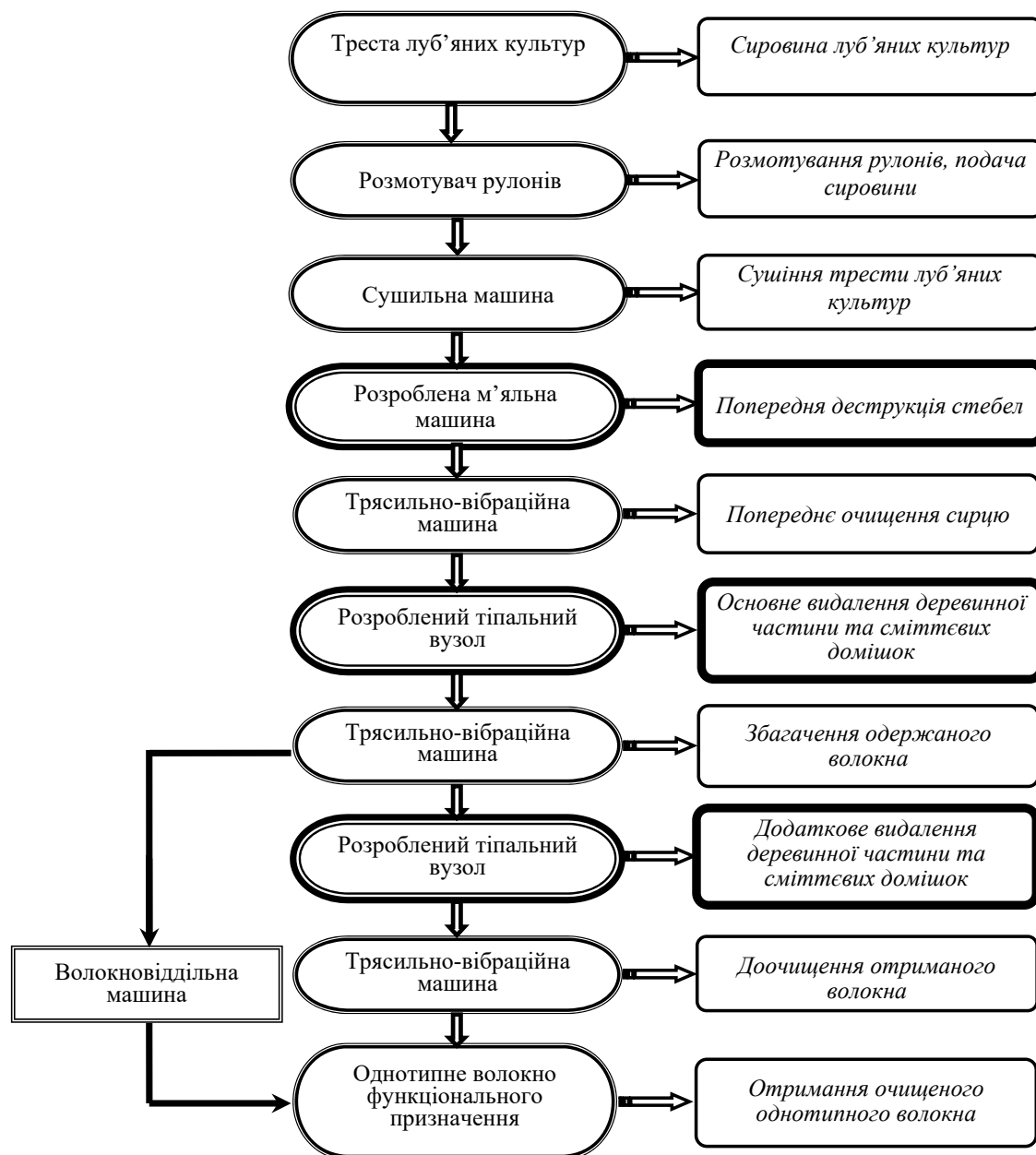


Рис. 2. Схема переробки сировини луб'яних культур за інноваційною технологією

деструкція стеблового матеріалу, попереднє очищення сирцю; основну фазу – основне видалення деревинної частини та сміттєвих домішок, збагачення одержаного волокна; додаткову фазу – додаткове видалення деревинної частини та сміттєвих домішок, доочищення отриманого волокна. Для отримання найкращого результату з очищення волокна в додатковій фазі технологічного процесу переробки лубоволокнистої сировини можливе застосування подвійних етапів додаткового видалення костриці та доочищення волокна.

Для вирішення проблем в початковій, основній та додатковій фазах переробки льону та конопель було розроблено ефективні складові й вузли

м'яльної і тіпальної частин агрегату, які завдяки своїй інноваційній складовій суттєво поліпшують процес відокремлення і очищення волокна від деревинної частини оброблюваного матеріалу й розширюють сферу використання волокнистої продукції. У розробленій м'яльній частині агрегату послідовно застосовано значну диференціацію впливу робочих органів машини на оброблювальний шар матеріалу, що дозволяє покращити декортикацію завдяки поєднанню механічних дій проминання, ковзання та скобління. Для ефективного знекостричування волокнистої маси в тіпальній частині застосовано поєднання процесів тіпання з чесанням, а в трясильній частині –

трясіння з вібрацією. У результаті застосування нововведень було отримано однотипне волокно високого ступеня очищення широкого функціонального призначення.

Технічні параметри устаткування для переробки луб'яних культур було досліджено і опрацьовано на базі Херсонського національного технічного університету, а технологічний процес обробки стеблового шару налагоджено й перевірено на підприємствах Львівщини та Житомирщини. За результатами виробничих випробувань встановлено, що розроблений техніко-технологічний комплекс інноваційних рішень надає можливість отримати волокно належного рівня розволокнення міцністю більше 15 даН без розподілу на довге та коротке з вмістом костриці менше 1,85 %. Застосування вказаних нововведень дозволяє не тільки суттєво покращити процес відокремлення і очищення волокна від костриці, тобто підвищити ефективність виробництва волокнистої продукції з льону та конопель, а й поліпшити загальну технологічну культуру переробки стеблового матеріалу вітчизняних луб'яних рослин [2, 4, 8].

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Збільшення вартості енергетичних ресурсів у світі спонукає не тільки до розробки заходів щодо їх здешевлення, а й пошуку нових дешевих та зменшення частки витрат на паливо-мастильні матеріали в структурі собівартості виробництва натурального волокна й оптимізації техніко-технологічних процесів переробки лубоволокнистої сировини.

Розроблені інноваційні складові й вузли різних частин агрегату з переробки луб'яної сировини та спосіб отримання волокна без розподілу на довге та коротке забезпечують розширення можливостей обробки різного виду стеблового матеріалу, підвищують продуктивність на 40÷50 % і зменшують енергоємність до 30 % й металоємність до 20 % обробного устаткування, підвищують економічну складову виробництва волокнистої продукції з вітчизняних луб'яних культур, покривають потреби національної промисловості у забезпеченні дешевим волокном.

Надалі передбачається аналіз перспектив використання волокнистої продукції за рекомендованою схемою переробки луб'яних культур та опрацювання питань промислового застосування інноваційних розробок складових і вузлових з'єднань м'яльної та тіпальної частин агрегату.

ЛІТЕРАТУРА:

1. World agriculture: value, intra-structure interbranch relations, agrarian relations. URL: <https://geomap.com.ua/en-g11/1346.html>
2. Berezovsky, Yu.V. (2018). Technical solution for scutching the raw bast material. *Science and innovation*, vol. 14(1), pp. 26–39.
3. 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.
4. Berezovsky Yu., Kuzmina T., Lialina N., Yedynovych M., Lobov O. (2020) Technical and technological solutions for producing fibre from bast crops. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 60(1), P. 137–146.
5. Dudarev, I., Say, V., (2020), Development of resource-saving technology of linseed harvesting. *Journal of Natural Fibers*, vol. 17(9), pp. 1307–1316.
6. Валько П.М. Удосконалення технології одержання тіпаного лляного волокна з використанням очищувальних валків: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Херсон, 2011. 179 с.
7. Тіхосова Г.А. Розвиток наукових основ технологій первинної переробки волокон льону олійного: дис. ... доктора техн. наук: 05.18.01. Херсон, 2011. 358 с.
8. Berezovsky, Yu.V. (2017). Technical solution for processing of flax raw materials. *Science and innovation*, vol. 13(3), pp. 22–33.
9. Дідух В.Ф., Дударев І.М., Кірчук Р.В. Збирання та первинна переробка льону-довгунця. Луцьк : ЛНТУ, 2008. 215 с.
10. Спосіб одержання однотипного волокна з лубоволокнистих культур і пристрій для його здійснення: пат. 113090 Україна: МПК D01B1/00, D01B1/30, D01B1/16 / Березовський Ю. В. № а 2014 13481; заяв. 15.12.2014; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.

REFERENCES:

1. World agriculture: value, intra-structure interbranch relations, agrarian relations. URL: <https://geomap.com.ua/en-g11/1346.html>
2. Berezovsky, Yu.V. (2018), Technical solution for scutching the raw bast material. *Science and innovation*, vol. 14(1), pp. 26–39.
3. Hiliazetdinov, R.N. (2009), “Development of scientific bases of creating innovative technology of primary processing of bast crops”, Doc. Tech. Sc.: 05.18.01, KNTU, Kherson, Ukraine.
4. Berezovsky, Yu., Kuzmina, T., Lialina, N., Yedynovych, M., Lobov, O. (2020), Technical and technological solutions for producing fibre from bast crops. *INMATEH-Agricultural Engineering*, vol. 60(1), pp. 137–146.

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

6. Valko, P.M. (2011), “Improving the technology of scutching flax fiber with the using of cleaning rolls”, Ph.D.: 05.18.01, KNTU, Kherson, Ukraine.

7. Tikhosova, H.A. (2011), “Development of scientific basis of primary processing of oil flax fibers”, Doc. Tech. Sc.: 05.18.01, KNTU, Kherson, Ukraine.

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

9. Didukh, V.F., Dudarev, I.M., Kirchuk, R.V. (2008), “Harvesting and primary processing of long flax”. Lutsk : LNTU.

10. “Method of producing monotypic bast crop fibre and device for its implementation”: Patent of Ukraine № 113090: MPK D01V1/00, D01B1/30, D01B1/16 / Berezovsky, Yu.V. № a 2014 13481; app. 15.12.2014; publ. 12.12.2016, Bul. № 23.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2022

УДК 685.338

Попович Н. І.,

popovych.n1988@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X,

Researcher ID: F-7230-2019,

к.т.н., доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів;

доцент кафедри підприємництва та екологічної експертизи товарів,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Шумський О. В.,

shumakorest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1800-5163,

Researcher ID F-2340-2019,

к.т.н., доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Швець О. М.,

oleg@lute.lviv.ua, ORCID ID: 0000-0002-7175-2256,

Researcher ID: F-4737-2019,

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Беднарчук М. С.,

1959mikalai@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4327-8390,

к.т.н., проф., завідувач сектору моніторингу та інформаційного забезпечення відділу забезпечення

діяльності центру, Львівський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр

Міністерства внутрішніх справ України, м. Львів

Стефанік М. П.,

m_stefanyk@ukr.net,

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

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО НОВОГО РІЗНОВИДУ ВЗУТТЯ ДЛЯ ТУРИЗМУ

Анотація. Зростаючий рівень обізнаності людей про негативні наслідки малорухливого способу життя та зростаюче їх захоплення активним і, як наслідок, здоровим способом життя з метою набуття і підтримки належної фізичної форми та стану здоров'я, серед іншого – суттєво зменшує державні та особисті витрати на охорону здоров'я. Розкрито чинники зростання потреб споживачів у товарах для активного способу життя, проведено аналіз світового ринку взуття для туризму та активного відпочинку за даними *The Statista Consumer Market*. Обґрунтовано необхідність фахового оцінювання соціальної й економічної ефективності діяльності вітчизняних виробників інноваційних товарів для туризму й активного відпочинку. Розроблено номенклатуру, досліджено зміст складових частин соціальної ефективності від впровадження у масове виробництво в Україні інноваційного товару – нового різновиду взуття для туризму, яке виготовлене з використанням бамбуковмісних текстильних матеріалів; встановлено числові значення показників визначення рентабельності виробництва однієї пари такого взуття. Важливим чинником сталого розвитку виробничих і торговельних підприємств, які планують та/або працюють над виробництвом нових асортиментних груп взуття (зокрема – взуття для активного відпочинку і туризму), є фахове оцінювання економічної ефективності їх діяльності. Розрахунками за спеціальною методикою доведено, що при вкладенні коштів у виробництво нового різновиду взуття для туризму, яке виготовлене з використанням бамбуковмісних текстильних матеріалів, в розмірі 2246570 грн при щорічному виробництві цього взуття у кількості 913 пар виробниче підприємство отримає щорічно чистий прибуток в розмірі 500000 грн, що забезпечить рентабельність виробництва у розмірі 22,3 % і дозволить повернути вкладені кошти через

4,5 роки. Показано, що основними складовими цього ефекту є розширення виробничого і торговельного асортименту взуття в Україні, формування та задоволення нових потреб споживачів, зростання трудової зайнятості на економічно ефективному виробництві туристичного взуття, покращання здоров'я населення при його долученні до тих видів туризму, які забезпечені інноваційним взуттям тощо.

Ключові слова: активний відпочинок, інноваційне взуття для туризму, витрати виробництва, соціальна та економічна ефективність впровадження у виробництво.

Popovych N. I.,

popovych.n1988@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X

Researcher ID: F-7230-2019,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Commodity Studies, Customs Business and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv; Associate Professor of the Department of Entrepreneurship and Environmental Expertise of Goods, "Lviv Polytechnic" National University, Lviv

Shumskiy O. V.,

shumakorest@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1800-5163

Researcher ID F-2340-2019,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Commodity Studies, Customs Business and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Shvets O. M.,

oleg@lute.lviv.ua, ORCID ID: 0000-0002-7175-2256

Researcher ID: F-4737-2019,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Computer Sciences, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Bednarchuk M. S.,

1959mikolai@gmail.com, ORCID 0000-0002-4327-8390,

Ph.D., Professor, Head of the Monitoring and Information Support Sector of Department of Ensuring the Activities of the Center, Lviv Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Lviv

Stefanyk M. P.,

m_stefanyk@ukr.net,

Ph.D., Lviv University of Trade and Economics, Lviv

SOCIO-ECONOMIC EFFICIENCY FROM THE IMPLEMENTATION IN PRODUCTION OF A NEW VARIETY OF FOOTWEAR FOR TOURISM

Abstract. The growing level of awareness of the negative consequences of sedentary lifestyles and growing enthusiasm for active and, consequently, healthy lifestyles in order to acquire and maintain proper physical shape and health, among other things – significantly reduces government and personal health care costs. The factors of growing consumer needs for goods for an active lifestyle are revealed, the analysis of the world market of footwear for tourism and active recreation according to The Statista Consumer Market is carried out. The necessity of professional assessment of social and economic efficiency of activity of domestic producers of innovative goods for tourism and active rest is substantiated. The nomenclature is developed, the content of the components of social efficiency from the introduction of innovative goods into mass production in Ukraine is studied which is a new kind of footwear for tourism made with use of bamboo-containing textile materials; numerical values of indicators of determination of production profitability of one pair of such footwear are revealed. An important factor in the sustainable development of industrial and commercial enterprises that plan and/or work on the production of new product groups of footwear (including footwear for recreation and tourism) is a professional assessment of the economic efficiency of their activities. Calculations by a special method proved that when investing in the production of a new type of footwear for tourism, which is made using bamboo-containing textile materials, in the amount of 2246570 UAH with the annual production of these shoes in the amount of 913 pairs, the production enterprise will ensure a profitability of 22.3% and will return the invested funds in 4.5 years. It is shown that the main components of this effect are the expansion of

the production and trade range of footwear in Ukraine, the formation and satisfaction of new consumer needs, increasing employment in cost-effective tourism footwear production, improving public health by inclusion those types of tourism that provided with innovative footwear, etc.

Key words: active rest, innovative footwear for tourism, production costs, social and economic efficiency of implementation in production.

JEL Classification: D20, L23

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-05>

Постановка проблеми. Активний відпочинок, який сьогодні все частіше називається “outdoor”, у сучасному вигляді проявився майже 200 років тому, але досі залишається невинним процесом, основними рисами якого вважають масовість і технологічність. Зрозуміло, що в унісон із розвитком активного відпочинку розвиваються його інфраструктура, спорядження тощо [1].

Зростаючий рівень обізнаності людей про негативні наслідки малорухливого способу життя та зростаюче їх захоплення активним і, як наслідок, здоровим способом життя з метою набуття і підтримки належної фізичної форми та стану здоров’я, серед іншого – суттєво зменшує державні та особисті витрати на охорону здоров’я.

Крім цього, зазначений спосіб життя має низку соціальних та економічних переваг: сприяє згуртуванню сім’ї і друзів; зміцнює соціальні зв’язки, етнічну культуру і гармонію; сприяє утворенню згуртованих соціальних спільнот; знижує рівень злочинності, вандалізму та інших негативних явищ; стає потужним каталізатором розвитку туризму [2].

У багатьох країнах світу все вищеперелічене відноситься до основних чинників зростання потреб споживачів у товарах для активного способу життя, попиту на ці товари та їх ринкової

частки. Наприклад, обсяг ринку товарів для активного відпочинку США перевищив \$100М у 2020 році та за прогнозами досягне майже \$180М у 2028 році, зростаючи щорічно майже на 7% [3]. Крім того, аналіз світового ринку взуття для активного відпочинку в 2021 році вказує на збільшення його обсягу на \$3,4В порівняно з 2020 роком, що, у свою чергу, означає його відновлення після пандемії COVID-19. Проте дохід світового ринку взуття для активного відпочинку ще залишається меншим на \$51,6В, ніж у 2019 році (до початку пандемії). За прогнозами The Statista Consumer Market [4], дохід світового ринку взуття для активного відпочинку буде зростати і до 2025 року становитиме \$76,9В (рис. 1).

Основними чинниками зростання обсягу світового ринку взуття для активного відпочинку джерело [4] вважає зростання кількості спортивних заходів, державних інвестицій у спортивні заходи, кількості торговельних об’єктів, а також появу нових технологій та дизайну. З іншого боку, основними гальмами цього процесу є зростання цін на натуральну сировину та кількості екологічних проблем і контрафактної продукції.

Оскільки сучасний етап розвитку вітчизняного виробництва і торгівлі взуттям характерний непередбачуваною мінливістю умов функціонування,

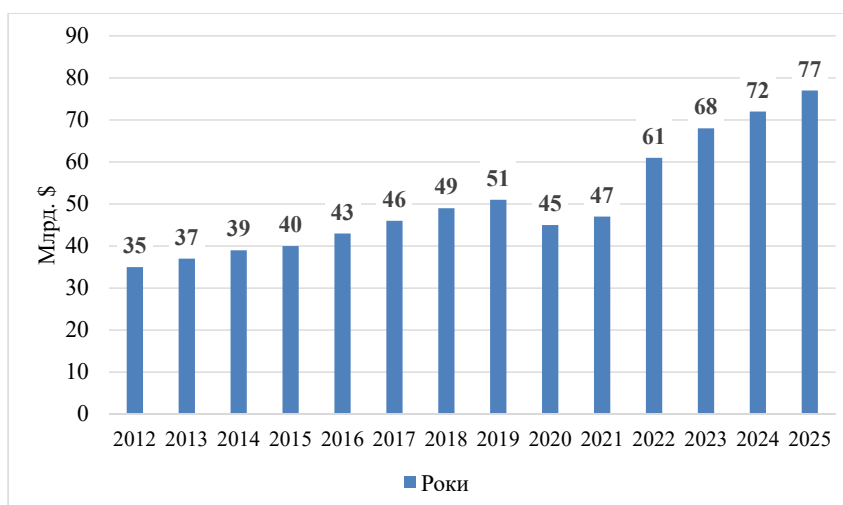


Рис. 1. Дохід світового ринку взуття для активного відпочинку [4]

то доцільними є пошук і наукове обґрунтування напрямів розвитку, які спроможні забезпечити реалізацію й адаптацію цілей виробничих підприємств до зовнішнього і внутрішнього середовища (включаючи перспективи вступу України до ЄС), а також до особливостей функціонування окремих напрямів роботи підприємств із виробництва взуття для активного відпочинку. Зокрема, важливим чинником сталого розвитку виробничих і торговельних підприємств, які планують та/або працюють над виробництвом нових асортиментних груп взуття (зокрема – взуття для активного відпочинку і туризму), є фахове оцінювання економічної ефективності їх діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забезпечення конкурентоспроможного функціонування галузі туризму, яка постійно розвивається, складна і багатогранна. На її вирішення спрямовані зусилля багатьох вчених. За кордоном окремі аспекти цієї проблеми вивчали Kaczmarek A., Mowforth M., Weaver D., Woźniak B. і ін., в Україні – В. Заціорський, В. Кифяк, В. Коновал, М. Кулаковський, А. Лапутін, М. Мальська, І. Половніков, В. Цибух і ін. [5]. Але аналіз опублікованих праць зазначених та інших авторів доводить відсутність комплексних досліджень інноваційних товарів для активного відпочинку і, зокрема, взуття відповідного призначення. Наведене свідчить про актуальність і доцільність не лише розроблення та впровадження у вітчизняне виробництво наукових засад формування споживчих властивостей та асортименту взуття для туризму й активного відпочинку, але й комплексне дослідження соціальної та економічної ефективності від впровадження усіх інноваційних товарів у масове виробництво в Україні:

Постановка завдання. Прийняття рішення про впровадження у вітчизняне виробництво нового різновиду взуття для туризму в практичній діяльності підприємства повинно ґрунтуватися на розрахунках економічної ефективності цього виробництва. Основою такого обґрунтування є розрахунок витрат на виробництво з наступним прийняттям рішення щодо їх доцільності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Достовірна оцінка економічної ефективності сьогодні неможлива за допомогою якогось єдиного показника, оскільки вимірюється кількістю заощаджених коштів. Тому, здійснюючи оцінку економічної ефективності діяльності сучасного виробничого підприємства, ми зосередилися на здатності системи показників генерувати

соціально вагомий результат при оптимальних затратах фінансових і нефінансових ресурсів від запровадження у виробництво нового різновиду товару – туристичного взуття, яке виготовлено з використанням бамбуковмісних текстильних матеріалів. Практичне значення результатів наших досліджень, які дають підстави пов'язувати економічну ефективність від запровадження у виробництво зазначеного взуття з максимізацією задоволення потреб споживачів, полягає у тому, що туристичне взуття як інноваційний продукт спрямоване на вдосконалення взуття як товару, на покращання його іміджу й інших характеристик. Зокрема, в означеному плані досліджуване взуття забезпечить зростання рівня задоволення існуючих потреб споживачів. Але, з іншого боку, інновації завжди породжують нові потреби споживачів, у нашому дослідженні – це потреби окремих людей, туристичних господарств, виробників продукції для сфери туризму тощо. Тому, враховуючи всі товарознавчі особливості зазначеного взуття, ми визначили основні складові частини соціальної ефективності від його впровадження у масове виробництво в Україні (табл. 1).

Розрахунок витрат на виробництво нового різновиду туристичного взуття проведено калькулюванням собівартості виготовлення однієї пари цього взуття (рис. 2).

Дані рис. 2 показують, що повна собівартість однієї пари нового різновиду туристичного взуття як товару вітчизняного виробництва становить 1363,02 грн. Ця сума відображає базу ціни – мінімальний поріг ціни продукту, нижче якої виробництво продукції буде збитковим.

У ринкових умовах функціонування економіки України ціноутворення повністю підпорядковане законам ринку, тобто перебуває під впливом взаємодії попиту та пропозиції. Як наслідок, верхньою межею ціни нового різновиду туристичного взуття є ринкова ціна такого товару.

Отже, для обґрунтування ціни на досліджувану продукцію доцільно врахувати ринкові ціни на аналогічну продукцію, яка реалізується на ринку України (табл. 2) [6].

З даних табл. 2 видно, що діапазон цін на туристичні черевики з верхом із натуральної шкіри коливається в межах від 1480 грн до 6288 грн за 1 пару взуття. Ціни на найбільш популярні моделі різних виробників знаходяться в діапазоні від 2440 грн до 3680 грн. Тобто середня ціна на популярні моделі туристичного взуття становить 3060 грн. Таку ціну можна розглядати

Складові частини соціальної ефективності від впровадження нового різновиду взуття у масове виробництво в Україні

№	Складові частини соціальної ефективності від впровадження туристичного взуття, виготовленого з використанням бамбуковмісних текстильних матеріалів	
	назва	зміст
1	Зростання трудової зайнятості на економічно ефективному виробництві	Стабільність індивідуальних доходів, зростання податкових надходжень до держбюджету, сукупних доходів суспільства, створення можливості для виробництва більшої кількості суспільних благ, що сприяють розвитку людини
2	Зростання ступеня охоплення окремого цільового сегмента ринку взуття	Розвиток системи заходів, спрямованих на збільшення чисельності покупців взуття і стимулювання його продажу
3	Зростання рівня задоволення потреб покупців	Підвищення рівня комплексного показника якості та рівня споживних властивостей взуття як товару специфічного призначення (туризм, активний відпочинок, використання в якості повсякденного взуття у побуті тощо)
4	Максимізація відповідності цільовому сегменту	Позиціонування на ринку, яке забезпечує даному товару конкурентні переваги
5	Зростання рівня заробітної плати працівників на виробництві взуття	Покращення умов життя працівників виробництва взуття
6	Покращення дозвілля, фізичного стану і здоров'я людей	Рациональне взуття дозволяє вдосконалити, покращити, налагодити, започаткувати тощо участь людей в функціонуванні індустрії туризму й активного відпочинку
7	Розширення виробничого і торговельного асортименту взуття в Україні	Зростання ступеня задоволення потреб споживачів у взутті
8	Результати міжнародної співпраці наукових та виробничих підприємств	Розвиток співпраці фахівців, що представляють науку і виробництво в Україні та за кордоном
9	Використання отриманих результатів в освітньому процесі та у торгівлі взуттям	Розвиток відповідних освітніх та торговельних сегментів



Рис. 2. Складові частини собівартості взуття для туризму вітчизняного виробництва

як ринковий орієнтир для встановлення ціни нового різновиду туристичного взуття вітчизняного виробництва.

Проте, враховуючи рекомендації теоретиків та практиків у сфері маркетингу, для нових видів продукції варто встановлювати ціну, нижчу ринкової, з метою забезпечення стратегії виходу

нового продукту на ринок загалом. По мірі поширення продукту на ринку ціну доцільно переглядати з орієнтацією на “модель зростання продажу”. В такий спосіб встановлення роздрібної ціни на 1 пару нового різновиду туристичного взуття, яке виготовлено з використанням бамбукових волокон [7; 8], на рівні 2798,99 грн

Таблиця 2

Ринкові ціни черевиків туристичних*

№	Назва виробу	Ціна (діапазон), грн
1	Туристичні черевики Trezeta	2409–2684
2	Туристичні черевики Kayland	3241–4499
3	Туристичні черевики Aku	3643–6288
4	Туристичні черевики Lytos	1480–2990
5	Туристичні черевики Alpine Pro	2275–3722

*Ціни визначені шляхом дослідження даних популярних Internet-ресурсів та за даними спеціалізованих роздрібних торговельних підприємств

дозволить підприємству відшкодувати основні витрати, пов'язані із виробництвом та реалізацією продукції, а також забезпечить його рентабельність на рівні 27% (табл. 3) [6, с. 133].

На думку експертів, новий різновид туристичного взуття має об'єктивні передумови для завоювання ринку та реалізації за встановленою ціною. Детермінантом при цьому є покращені споживчі властивості продукції, які повинні бути представлені потенційним споживачам шляхом використання різноманітних маркетингових заходів.

Зокрема, за результатами опитування прихильників активного відпочинку можна зробити висновки про схильність таких споживачів до додаткових витрат на взуття з врахуванням створення ним додаткових переваг та зручостей (функціональних, ергономічних, екологічних, соціально-економічних тощо). Крім того, відзначені вище інновації в технології виготовлення, дизайні, розробці продукції за останні кілька років призвели до преміумізації взуття для активного відпочинку і туризму. Зростання обізнаності споживачів про переваги спеціального взуття підживило попит на нього протягом останніх років. Так, опитування випадково обраних учасників інтернет-спільнот («Походи в гори», «Хочу в гори», «Все для туризму та активного відпочинку», «Файнобус/ мандрівки/ проекти/ інформація») показало, що понад 65% респондентів схильні витратити більше коштів на взуття, яке забезпечить відчуття сухості всередині взуття, надійний захист стопи, комфорт тощо. При цьому варто зазначити, що 59% респондентів, схилившись до придбання туристичного взуття вартістю 2700–3000 грн, готові заплатити за додаткові позитивні споживчі властивості взуття на 10 % більше.

Впровадження у виробництво нового взуття вимагає фінансування такого проекту. Обґрунтування доцільності фінансування виробництва

Таблиця 3

Показники визначення рентабельності виробництва однієї пари нового різновиду взуття туристичного

Показники, одиниці вимірювання	Значення
Ціна роздрібна, грн	2798,99
Роздрібна націнка: – сума, грн – розмір, %	559,8 20
Відпускна (оптова) ціна виробника, грн	2239,19
ПДВ, грн	373,19
Оптова ціна виробника, грн	1865,99
Прибуток, грн	502,97
Рентабельність, %	27

нового різновиду туристичного взуття повинно опиратися насамперед на визначення самокупності та економічної вигоди такого виробництва [6, с. 131–137]. Забезпечення самокупності виробництва досліджуваного взуття передбачає виробництво та реалізацію такої кількості продукції, яка б забезпечила відшкодування основних витрат виробництва та дозволяла отримати прибуток підприємства. З цією метою необхідно визначити беззбитковий обсяг виробництва нового різновиду туристичного взуття. Беззбитковий обсяг виробництва доцільно визначити за показником точки беззбитковості (Q):

$$Q = FC / (P - VC), \quad (1)$$

де Q – обсяг виробництва продукції, при якому забезпечується покриття витрат підприємства (проекту);

FC – постійні витрати підприємства;

P – ціна одиниці продукції;

VC – змінні витрати в одиниці продукції.

Виходячи з вищевикладеного:

$$Q = 1078602,72 / (2798,99 - 1070,46) = 624 \text{ (пари)}$$

З урахуванням постійних річних витрат підприємства в розмірі 1078602,72 грн, змінних витрат на одиницю продукції в розмірі 1070,46 грн та рекомендованої ціни нового різновиду туристичного взуття в розмірі 2798,99 грн у рік потрібно випускати 624 пари цього взуття для покриття всіх витрат. Тобто виробництво взуття понад 624 пари в рік буде забезпечувати підприємству отримання прибутку. Для отримання цільового прибутку в розмірі 500 000 грн від виробництва і реалізації нового різновиду туристичного взуття необхідно його виготовляти у кількості 913 пар:

$$\text{ЦОР} = 1078502,72 + 500000 / (2798,99 - 1070,46) = 913 \text{ пар.}$$

Ємність ринку туристичного взуття у 2018 р. в Україні (за кількістю) становила 98463 пари взуття, враховуючи реалізацію тільки туристичних черевиків. Отже, 913 пар туристичного взуття становитиме близько 1% ємності ринку (рис. 3) [6, с. 135].

Таким чином, виробництво беззбиткового і цільового обсягів дозволить охопити незначну частку ринку туристичного взуття. Це, з однієї сторони, відображає існування можливостей для реалізації туристичного взуття з покращеними властивостями, з іншого, – існування можливостей для розширення обсягів виробництва, збуту та збільшення прибутку підприємства.

Виробництво нового різновиду туристичного взуття для забезпечення беззбиткового обсягу виробництва потребує 1746570 грн фінансових ресурсів. Дані кошти необхідні для безпосереднього виробництва цього взуття без врахування витрат на розробку, удосконалення чи модернізацію обладнання для виготовлення саме такого взуття, а також – для дослідження ринку. Оскільки підприємство при виробництві орієнтоване на отримання прибутку з першого року реалізації проекту, доцільно рекомендувати початкові інвестиції в розмірі 2246570 грн. Відтак доцільно визначити основні показники ефективності такого фінансування через сукупність показників ефективності інвестиційних проектів. Основними показниками при визначенні доцільності вкладення коштів (інвестування) є термін окупності капіталовкладень і рентабельність проекту. Термін окупності капіталовкладень ($T_{ок}$) – показник, що відображає, за який період кошти, вкладені у виробництво взуття (I), в повній мірі повернуться інвестору за рахунок чистого прибутку ($\Pi_ч$) від реалізації продукції:

$$T_{ок} = I / \Pi_ч, \quad (2)$$

що у нашому розрахунку становить:

$$T_{ок} = 2246570 / 500000 = 4,5 \text{ роки}$$

Рентабельність інвестиційного проекту (PI) визначається зіставленням чистого прибутку ($\Pi_ч$) від реалізації продукції з вкладеними інвестиціями (I , %). При цьому отримується усереднене значення рентабельності за весь період дослідження з урахуванням того, що чистий прибуток очікується в розмірі 500000 грн щороку:

$$PI = \Pi_ч / (I \times 100) \quad (3)$$

що у нашому розрахунку становить:

$$PI = 500 / 2246,57 \times 100 = 22,3\%.$$

Отже, розрахунки показують, що при вкладенні коштів у виробництво нового різновиду туристичного взуття, яке виготовлене з використанням бамбуковмісних текстильних матеріалів, в розмірі 2246570 грн при щорічному виробництві цього взуття у кількості 913 пар підприємство отримає щорічно чистий прибуток в розмірі 500000 грн, що забезпечить рентабельність виробництва у розмірі 22,3 % і дозволить повернути вкладені кошти через 4,5 роки [6].

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Розраховано, що при вкладенні коштів у виробництво туристичного взуття, яке виготовлене з використанням нових бамбуковмісних текстильних матеріалів, в розмірі 2246570 грн. при виробництві цього взуття у кількості 913 пар/рік підприємство отримає чистий прибуток у розмірі 500000 грн/рік, забезпечить рентабельність виробництва – у 22,3% і дозволить повернути вкладені кошти – через 4,5 роки. Встановлено соціально-економічний ефект від налагодження вітчизняного виробництва туристичного взуття, яке виготовлене з використанням бамбуковмісних текстильних

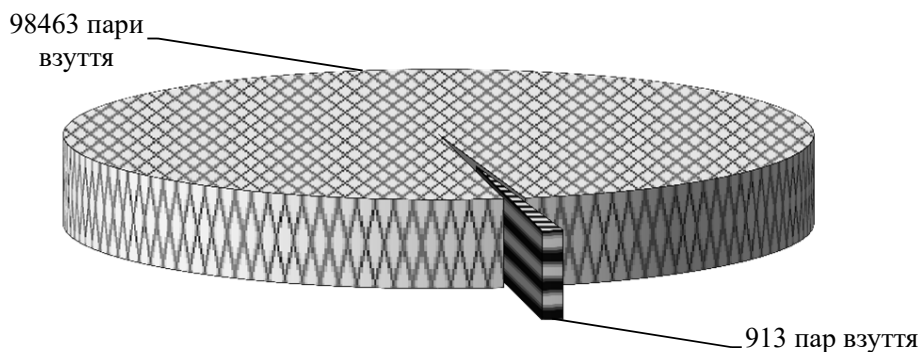


Рис. 3. Ємність ринку туристичного взуття в Україні і частка в ньому нового різновиду туристичного взуття

матеріалів. Показано, що основними складовими цього ефекту є розширення виробничого і торговельного асортименту взуття в Україні, формування та задоволення нових потреб споживачів, зростання трудової зайнятості на економічно ефективному виробництві туристичного взуття, покращання здоров'я населення при його долученні до тих видів туризму, які забезпечені інноваційним взуттям тощо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аутдор в місті: стиль життя. URL: <https://www.gorgany.com/pro/outdoor-in-city/>
2. Hiking and Trail Footwear Market size to grow by USD 4.25 billion | Technavio. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/hiking-and-trail-footwear-market-size-to-grow-by-usd-4-25-billion--technavio-301501170.html>
3. Global Footwear Market to Reach \$440 Billion by 2026. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-footwear-market-to-reach-440-billion-by-2026-301298995.html>
4. Revenue of the global athletic footwear market from 2012 to 2025(in million U.S. dollars). URL: <https://www.statista.com/statistics/412671/global-sports-footwear-market-projected-development/>
5. Беднарчук М. С. Наукові основи формування асортименту і якості взуття спеціального призначення : монографія. Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2015. 528 с.
6. Стефанік М. П. Формування та оцінювання споживних властивостей туристичного взуття : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.08 / Львівський торговельно-економічний ун-т. Львів, 2021. 160 с.
7. Ławińska K., Serweta W., Genaszewska D., Popowych N. Patent na wynalazek pt.: Zastosowanie w produkcji obuwia skózanego i skórzano-tekstylnego skór modyfikowanych ekstraktem bambusa i/lub kukurydzy i/lub lnu P.424657 [WIPO ST 10/C PL424657]. Zgłaszający : Instytut przemysłu skózanego w Łodzi, Łódź.

8. Ławińska K., Serweta W., Genaszewska D., Popowych N. Patent na wynalazek pt.: Sposób wyprawy skór P. 424659 [WIPO ST 10/C PL424659]. Zgłaszający : Instytut przemysłu skózanego w Łodzi, Łódź.

REFERENCES:

1. Atdor v misti: styl zhyttia, available at: <https://www.gorgany.com/pro/outdoor-in-city/>
2. Hiking and Trail Footwear Market size to grow by USD 4.25 billion | Technavio, available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/hiking-and-trail-footwear-market-size-to-grow-by-usd-4-25-billion--technavio-301501170.html>
3. Global Footwear Market to Reach \$440 Billion by 2026, available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-footwear-market-to-reach-440-billion-by-2026-301298995.html>
4. Revenue of the global athletic footwear market from 2012 to 2025(in million U.S. dollars), available at: <https://www.statista.com/statistics/412671/global-sports-footwear-market-projected-development/>
5. Bednarchuk M. S. Naukovi osnovy formuvannia asortymentu i yakosti vzuttia spetsialnoho pryznachennia : monohrafiia. Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi komertsiinoi akademii, 2015. 528 s.
6. Stefanyk M. P. Formuvannia ta otsiniuvannia spozhyvnykh vlastyvostei turystychnoho vzuttia : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.08 / Lvivskiy torhovelno-ekonomichnyi un-t. Lviv, 2021. 160 s.
7. Ławińska K., Serweta W., Genaszewska D., Popowych N. Patent na wynalazek pt.: Zastosowanie w produkcji obuwia skózanego i skórzano-tekstylnego skór modyfikowanych ekstraktem bambusa i/lub kukurydzy i/lub lnu P.424657 [WIPO ST 10/C PL424657]. Zgłaszający : Instytut przemysłu skózanego w Łodzi, Łódź.
8. Ławińska K., Serweta W., Genaszewska D., Popowych N. Patent na wynalazek pt.: Sposób wyprawy skór P.424659 [WIPO ST 10/C PL424659]. Zgłaszający : Instytut przemysłu skózanego w Łodzi, Łódź.

Стаття надійшла до редакції 02.05.2022

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 661.746.2

Давидович О. Я.,

oksana_davydovych@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4227-3950,

Researcher ID F-5143-2019,

к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій,

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Спринь Х. Р.,

hrystyna.spryn@gmail.com,

бакалавр, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

Анотація. На сучасному етапі додавання молочної кислоти в процесі виготовлення продуктів харчування є надзвичайно поширеним не лише в Україні, але і у всьому світі. Висока біодоступність та багатогранність технологічних дій обумовлюють затребуваність цієї добавки в різних галузях харчової промисловості. Так, молочна кислота використовується як консервант, антиоксидант та регулятор кислотності під кодом харчової добавки Е 270 і є важливим компонентом багаточисельних продуктів харчування. Для визначення її концентрації на сьогодні використовують колориметричний, спектрофотометричний, флуориметричний, ензиматичний методи та високоефективну рідинну хроматографію. Через те, що сама по собі кислота молочна є присутня у всіх кисломолочних продуктах (внаслідок молочнокислого бродіння), а також її активно використовує велика частина виробників цих продуктів для підтримання балансу кислотності протягом оптимально визначеного терміну, є доцільним дослідити її концентрацію у цих продуктах. З цією метою було відібрано 5-ть зразків йогуртів 2,5 % жирності, а кількість молочної кислоти визначали двохстадійним ензиматично-хімічним методом із утворенням Берлінської блакиті (ББ). Цей метод запатентований співробітниками відділу аналітичних біотехнологій НАН України і застосовується для вимірювання рівня даної сполуки у різноманітних харчових продуктах та біологічних рідинах. Метод ґрунтується на використанні ФЦ b_2 , його субстрату (лактату) і фериціаніду (Fe^{3+}). Встановлено найбільшу концентрацію L-лактату у йогурту Польського полуниця з шматочками фруктів ТМ Mlekovita – 125,6 ммоль/л, а найменшу – у йогуртів з наповнювачем «Полуниця» ТМ Дольче Lactel та з наповнювачем фруктовим «Полуниця» ТМ Простоквашино – відповідно 64,75 і 64,0 ммоль/л. Необхідно зазначити також: проаналізувавши склад відібраних зразків йогуртів встановлено, що для регулювання кислотності виробники використовують лимонну кислоту та її солі, а саме: цитрат натрію. Таким чином, визначена кількість молочної кислоти у відібраних зразках йогуртів накопичилася під час молочнокислого бродіння. У результаті проведених експериментальних досліджень нами доведено, що метод ФЦ b_2 -ББ є точним та економічно вигідним, оскільки не вимагає великих затрат на реактиви та є зручним у використанні в аналітичній практиці. У перспективі є доцільним проведення дослідження концентрації молочної кислоти зазначеним методом і в інших харчових продуктах, технологічною схемою виробництва яких передбачено необхідність оцінки перебігу молочнокислого бродіння і відповідно тестування якості готової продукції.

Ключові слова: молочна кислота, йогурти, методи визначення, L-лактат.

Davydovych O. Ya.,

oksana_davydovych@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4227-3950,

Researcher ID F-5143-2019,

Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Technologies,

Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Sprin H. R.,

hrystyna.spryn@gmail.com,

Bachelor's degree student, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

METHODS FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF LACTIC ACID IN FOOD PRODUCTS

Abstract. *At the present stage, the addition of lactic acid in the process of food production is extremely common not only in Ukraine but also around the world. High bioavailability and versatility of technological actions determine the demand for this additive in various sectors of the food industry. Thus, lactic acid is used as a preservative, antioxidant and acidity regulator under the additive code E 270 and is an important component of many foods. To determine its concentration, colorimetric, spectrophotometric, fluorometric, enzymatic methods as well as high-performance liquid chromatography are currently used. As lactic acid itself is present in all fermented milk products (due to lactic acid fermentation), and it is actively used by most manufacturers of these products to maintain acidity balance for an optimal period, it is advisable to investigate its concentration in these products. For this purpose, 5 samples of yogurt with 2,5 % fat content were taken, and the amount of lactic acid was determined by a two-stage enzymatic-chemical method with the formation of Berlin Blue (BB). This method is patented by the staff of the Department of Analytical Biotechnology of the National Academy of Sciences of Ukraine and is used to measure the level of this compound in various foods and biological fluids. The method is based on the use of FC b₂, its substrate (lactate) and ferricyanide (Fe³⁺). The highest concentration of L-lactate was found in Polish strawberry yogurt with fruit slices TM Mlekovita – 125,6 mmol/l, and the lowest in yogurts with filler “Strawberry” TM Dolce Lactel and with fruit filler “Strawberry” TM Prostokvashino 64,75 and 64,0 mmol/l. It should also be noted that after analyzing the composition of selected samples of yogurt, it was found that to regulate the acidity, manufacturers use citric acid and its salts, namely sodium citrate. Thereby a certain amount of lactic acid in the selected samples of yogurt accumulated during lactic acid fermentation. Thus, as a result of experimental research, we have proved that the FC b₂-BB method is accurate and cost-effective, as it does not require large costs for reagents and is convenient to use in analytical practice. In the future, it is advisable to study the concentration of lactic acid by this method in other foods, the technological scheme of production of which provides for the need to assess the course of lactic acid fermentation and, accordingly, to test the quality of finished products.*

Key words: lactic acid, yogurts, methods of determination, L-lactate.

JEL Classification: L60, L66

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-06>

Постановка проблеми. Молочна кислота – промислово важливий продукт з великим і ринком споживання, що швидко розширюється. У всьому світі попит на молочну кислоту оцінюється приблизно 130-150 тис. тонн на рік.

На сучасному етапі додавання молочної кислоти в процесі виготовлення продуктів харчування носить глобальні масштаби не лише в Україні, але і у всьому світі. Провідні американські, західноєвропейські та японські підприємства, які випускають харчову продукцію, акцентують увагу на тому, що молочна кислота – надійний природний консервант, вона поліпшує смак готових виробів, профілактично діє і лікує деякі

захворювання шлунка та кишечника, заміняє оцтову і лимонну кислоти. Так, останнім часом простежується тенденція до ширшого використання молочної кислоти замість оцтової [1].

В Україні виготовляють молочну кислоту таких видів: хімічно чисту, фармакопейну, харчову та технічну. Харчова молочна кислота повинна відповідати вимогам ДСТУ 4621:2006 “Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови”. Відповідно до вимог державного стандарту харчову молочну кислоту виготовляють трьох концентрацій – 40 %; 60 %; 80 %, а в залежності від показників якості – наступних сортів: вищого (для 40 %) та першого (для 40 %, 60 %) [2].

Молочна кислота відноситься до прямих функціонально- і органолептикокоректуючих фізіологічно нешкідливих харчових добавок, допустиме добове споживання яких не нормується, а максимальний рівень додавання до продукту визначається технологічними інструкціями та рецептурами. Висока біодоступність та багатогранність технологічних дій обумовлюють затребуваність цієї добавки в різних галузях харчової промисловості. Так, молочна кислота використовується як консервант, антиоксидант та регулятор кислотності під кодом харчової добавки Е 270 і є важливим компонентом багаточисельних продуктів харчування. Необхідно зазначити, що продукти на основі молочної кислоти дозволено включати навіть у дитяче харчування [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на те, що молочна кислота відноситься до фізіологічно нешкідливих харчових добавок і її допустиме добове споживання не нормується, однак визначення молочної кислоти має важливе значення у бродильному виробництві та використовується в молочній промисловості для оцінки перебігу молочнокислого бродіння у промислових умовах та для тестування якості готової продукції [3, 4]. Також запропоновано біосенсори для оцінки рівня лактату у вині [5], молоці [6], тому існує низка біосенсорів для визначення лактату, націлених на оцінку якості харчових та супутніх продуктів.

Молочна кислота – найпростіша хоральна карбонова кислота, яка може існувати у вигляді двох оптичних ізомерів: D-(-)-молочна кислота, L-(+)-молочна кислота та їх рацемічної суміші. Для визначення її концентрації на сьогодні використовують колориметричний, спектрофотометричний, флуориметричний, ензиматичний методи та високоефективну рідинну хроматографію [7, 4].

Колориметричний метод для визначення лактату винайдений Баркером у 1941 р. Лактат під впливом H_2SO_4 або H_2PO_4 перетворюється в ацетальдегід, який вступає в кольорову реакцію з р-гідроксифенілом у присутності іонів міді з утворенням сполуки фіолетового кольору. Інтенсивність кольорової реакції, визначеної при довжині хвилі 560 нм, корелює з концентрацією лактату. Діапазон визначення складає від $1 \cdot 10^{-5}$ до $1,3 \cdot 10^{-4}$ М [7]. Колориметрія є найдешевшим та найдоступнішим методом, що і визначає його популярність, однак при цьому є менш специфічним, чутливим та селективним і відтак менш надійним методом.

Ензимо-колориметричний метод. У каскаді реакції аналізу з реактивами для утворення забарвленої сполуки використовуються ензими. Так, метод, запропонований Suman S. et al., базується на вимірюванні пероксиду водню, що утворюється при окисненні лактату лактатоксидазою [8]. H_2O_2 вступає в кольорову реакцію з 4-амінофеназоном та фенолом. Отриманий барвник рожевого кольору абсорбує при 520 нм. Межа визначення лактату складає 0,1 мМ.

Ензимо-спектрофотометричний метод. Лактат окиснюється до пірувату за допомогою лактатдегідрогенази, що використовує НАД як кофермент, відновлюючи його до НАДН. Відновлений НАДН абсорбує у діапазоні 340 нм, інтенсивність абсорбції прямо пропорційна концентрації лактату [7].

Ензимо-флуориметричний метод визначення лактату базується на утворенні НАДН при окисненні лактату лактатдегідрогеназою. Зміни в концентрації НАДН вимірюються за його природною флуоресцентністю, що вимірюється на флуориметрі. Концентрація НАДН прямо пропорційна концентрації лактату. Так, Хуе Q. та колеги використали ензимо-флуориметричний метод для аналізу лактату та пірувату у присутності лактатдегідрогенази [9].

До переваг ензиматичних методів належать висока селективність, специфічність та чутливість. Однак собівартість ензимів залишається досить високою.

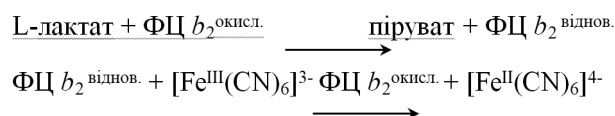
Високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) для визначення лактату вперше була застосована у 1987 р. Schneider et al. При застосуванні даного методу досліджуваний зразок елюють через катіонообмінну колонку з розведеною H_2SO_4 , при цьому різний рН рухомої фази дозволяє відділити лактат від інших органічних кислот, присутніх у зразку. Після цього використовують УФ-детекцію для визначення концентрації лактату.

Усі описані методи мають низку недоліків: неабсолютна селективність, необхідність використання екзогенного кофактору та додаткових зв'язуючих реагентів чи ферментів, що додатково підвищує вартість методів та ускладнює процедуру аналізу [10].

Більш точним методом визначення кількості лактату є метод із формуванням Берлінської блакиті (ББ) на основі ФЦ b_2 . У клітинах дріжджів мітохондріальний ФЦ b_2 каталізує дегідрогенізацію L-лактату до пірувату, переносючи електрони з L-лактату через флавінмононуклеотид (FMN)

на проміжний акцептор електронів – групу гему фермента [11]. Кінцевим акцептором електронів *in vivo* є цитохром *c*. Прямого перенесення електронів від відновленої групи FMNH₂ інтактного ферменту до цитохрому *c* не виявлено, що підтверджує проміжну акумуляцію електронів у групі гему.

Був описаний метод визначення лактату з використанням ФЦ *b*₂ із клітин дріжджів *Hansenula anomala* [12]. В основу методу була покладена здатність ФЦ *b*₂ переносити електрон, що утворювався унаслідок ензиматичного окислення лактату до пірувату, на гексаціаноферат (III) з утворенням відновленого гексаціаноферату (II):

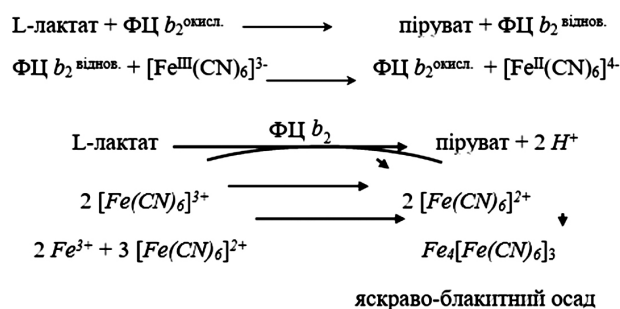


Внаслідок описаних реакцій змінюється оптична густина реакційної суміші, що робить можливим проведення колориметричного аналізу. Світлопоглинання реакційної суміші вимірюють у видимій ділянці спектра при 420 нм [13].

Постановка завдання. Сама по собі кислота молочна є присутня у всіх кисломолочних продуктах (внаслідок молочнокислого бродіння), а також її активно використовує велика частина виробників кисломолочних продуктів для підтримання балансу кислотності протягом оптимально визначеного терміну. Тому основним нашим завданням було визначити концентрацію молочної кислоти у йогуртах, оскільки вони користуються підвищеним попитом у споживачів та мають значну частку в обсязі виробництва кисломолочної продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кількість молочної кислоти у йогуртах визначали двохстадійним ензиматично-хімічним методом із утворенням Берлінської блакиті (ББ). Цей метод запатентований співробітниками відділу аналітичних біотехнологій НАН України і застосовується для вимірювання рівня даної сполуки у різноманітних харчових продуктах та біологічних рідинах. Метод ґрунтується на використанні ФЦ *b*₂, його субстрату (лактату) і фериціаніду (Fe³⁺). Такий підхід (формування ББ за використання ФЦ *b*₂ і його субстрату, лактату) було вперше застосовано зі зворотною метою: візуалізувати активний фермент у поліакриламідному гелі [13, 14].

Утворення колоїдного розчину (наночастинок ББ) свідчить про наявність L-лактату, а яскравість кольору ББ – про концентрацію аналіту.



Нами було побудовано калібрувальний графік залежності оптичної щільності при E₆₈₀ від концентрації L-лактату у вихідній пробі (стандартній) (рис. 1).

Із рис. 1 видно, що зміна оптичної густини суміші лінійно залежить від концентрації внесеного у зразок L-лактату від 0,1 до 10 мМ, що свідчить про широкий діапазон лінійності методу.

Визначення L-лактату проводили за калібрувальним графіком (рис. 1) або за формулою, яку застосовували після проведення методу:

$$[\text{Lact}] = \frac{E_{680}}{E_{st}} \times C_{st}$$

де [Lact] – концентрація L-лактату у пробі; E₆₈₀ – екстинкція отриманого продукту в досліджуваній пробі;

E_{st} – екстинкція калібрувального зразку L-лактату; C_{st} – концентрація (мМ) калібрувального зразку L-лактату.

Коректно проведене вимірювання концентрації молочної кислоти при проведенні ензиматично-хімічної реакції додатково засвідчує візуальне забарвлення продуктів реакції – перехід від світло-зеленого до насиченого синього залежно від концентрації L-лактату в зразку (рис. 2).

Для визначення концентрації L-лактату нами було відібрано 5-ть зразків йогуртів 2,5 % жирності. Характеристика зразків наведена у табл. 1.

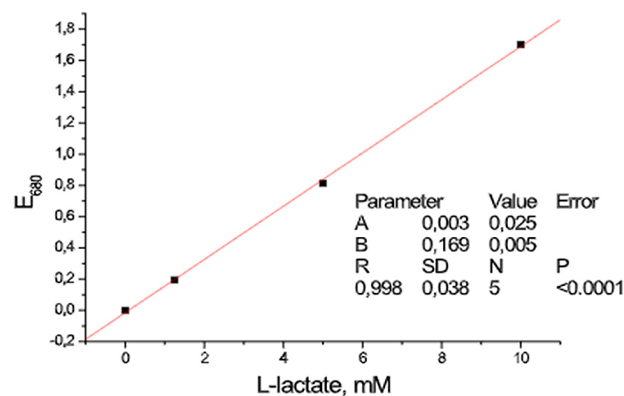
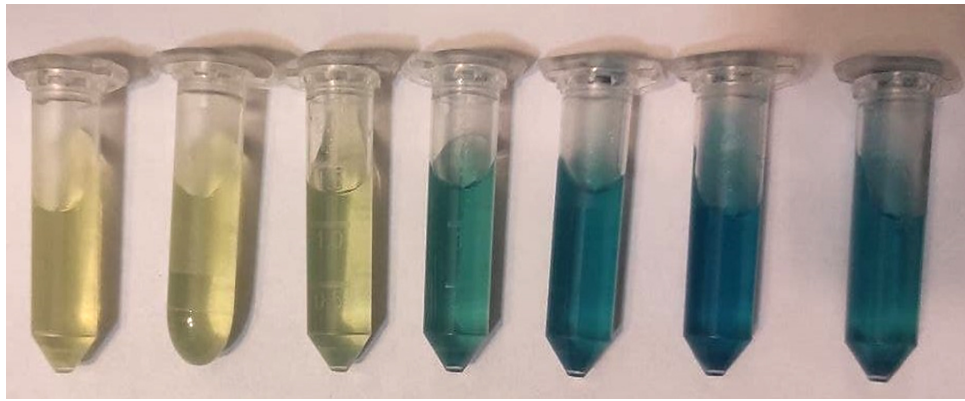


Рис. 1. Калібрувальний графік визначення L-лактату (умови ензиматичної стадії реакції: 0,04 Од./мл ФЦ *b*₂ в РС, 30 хв, 37 °С)



0 1 1,5 2 5 10 15 мМ

Рис. 2. Зміна насиченості забарвлення утвореного продукту (ББ) залежно від концентрації L-лактату в пробі. Стандартні зразки з різними концентраціями L-лактату (мМ)

Таблиця 1

Характеристика зразків йогуртів, відібраних для визначення концентрації L-лактату двохстадійним ензиматично-хімічним методом із утворенням Берлінської блакиті

№ з/п	Показники	Характеристика				
		Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5
1	2	3	4	5	6	7
1	Найменування	Йогурт з наповнювачем «Полуниця» 2,5 % жирності ТМ Дольче Lactel	Йогурт з наповнювачем фруктовим «Полуниця-суніця» 2,5 % жирності ТМ Чудо	Біфідойогурт з біфідобактеріями ActiRegularis з наповнювачем «Полуниця-суніця» 2,5 % жирності ТМ Активія	Йогурт Польський полуниця з шматочками фруктів 2,5 % жирності ТМ Mlekovita	Йогурт з фруктовим наповнювачем «Полуниця» 2,5 % жирності ТМ Простоквашино
2	Виробник	ТОВ «Молочний Дім» (Дніпропетровська обл., м. Павлоград)	ПАТ «Вімм-Білл-Данн Україна» (Київська обл., м. Вишневе)	ТОВ «Данон Дніпро» (м. Херсон)	Спольдзісльна Млечарска Млековіта (м. Високі Мазовацкі, Польща)	ПАТ «Кременчуцький міськмолокозавод» (Полтавська обл., м. Кременчук)
3	Нормативний документ	ТУ У 00447847.001-99	ТУ У 15.5-19492247-002-2002	ТУ У 15.5-31489175-010:2008	PL 20131601 WE	ТУ У 15.5-25027034-019-01
4	Вміст (за даними на етикетці): білків жирів вуглеводів	2,25 2,5 12,5	3,1 2,5 13,4	3,3 2,5 13,4	2,8 2,5 12,0	3,1 2,5 10,5
5	Енергетична цінність 100 г, ккал	81,5	88,5	89,0	82,0	76,9
6	Термін та умови зберігання	Термін зберігання не більше 30 діб. Зберігати за температури (4±2) °С	Термін зберігання не більше 30 діб. Зберігати при температурі від 4 до 6 °С	Термін зберігання не більше 30 діб. Зберігати за температури (4±2) °С і відносної вологості повітря не більше 80 %	Термін зберігання не більше 30 діб. Зберігати при температурі від 2 до 8 °С	Термін зберігання не більше 30 діб. Зберігати за температури (4±2) °С і відносної вологості повітря не більше 80 %

1	2	3	4	5	6	7
7	Склад	Молоко нормалізоване, фруктовий наповнювач пастеризований «Полуниця» (7,6 %) (60,0 % полуниця; цукровий сироп; цукор; модифікований крохмаль кукурудзяний; ароматизатори полуниці, регулятор кислотності цитрат натрію; натуральні барвники: карамелізований цукровий сироп, кармін; стабілізатор карагенан; регулятор кислотності лимонна кислота; цукор; закваска бактеріальна)	Молоко коров'яче незбиране, наповнювач пастеризований «Полуниця-суниця» – 11,2 % (цукор; полуниця – 39,5 %; вода питна; загущувач – модифікований крохмаль кукурудзяний; ароматизатори полуниці; суниця – 0,5 %; барвники натуральні – морквяний концентрат, кармін, масло смоли паприки; регулятори кислотності – лимонна кислота, цитрат натрію), молоко коров'яче знежирене, цукор, стабілізаційна система (ацетилований крохмаль адіпат, желатин, гуарова камедь), молоко сухе знежирене, йогуртна закваска	Молоко нормалізоване 84 %, наповнювач «полуниця-суниця» 8 % (полуниця 50 %, вода питна, цукор, крохмаль, пюре суниці 0,2 %, ароматизатор суниці, барвник карміни, регулятор кислотності цитрат натрію), цукор, стабілізатори: крохмаль, желатин; закваски бактеріальні, пробіотик ActiRegularis®. Може містити сліди глютену, горіхів, яєць та соєвого лецитину.	Молоко коров'яче пастеризоване, полуниця (9 %), цукор, крохмаль, стабілізатор пектин, концентрат із моркви і бурякового соку, ароматизатор, живі культури йогуртових бактерій	Молоко коров'яче незбиране, молоко знежирене, фруктовий наповнювач «Полуниця» (цукор білий кристалічний, полуниця, модифікований крохмаль Е 1442, натуральні та ідентичні натуральним ароматизатори полуниці, натуральний барвник: кармін Е 120, регулятор кислотності: лимонна кислота Е330), цукор білий кристалічний, стабілізатор (желатин, крохмаль, модифікований крохмаль Е 1422, амідований пектин Е 440), чисті культури молочнокислих бактерій
8	Кількість молочнокислих бактерій, КУО в 1 мл	Не менше $1 \cdot 10^7$	Не менше $1 \cdot 10^7$	Не менше $1 \cdot 10^7$	Не зазначено	Не менше $1 \cdot 10^7$
9	Маса нетто, г	290	270	260	350	200

Результати визначення кількості L-лактату двохстадійним ензиматично-хімічним методом із утворенням Берлінської блакиті наведено на рис. 3.

Як видно з даних рис. 3, найбільша концентрація L-лактату виявлена у йогурту Польського полуниця з шматочками фруктів 2,5 % жирності ТМ Mlekovita – 125,6 ммоль/л, а найменша – у йогуртів із наповнювачем “Полуниця” 2,5 % жирності ТМ Дольче Lactel та з наповнювачем фруктовим “Полуниця” 2,5 % жирності ТМ Простоквашино – відповідно 64,75 і 64,0 ммоль/л. Необхідно зазначити також: проаналізувавши склад відібраних зразків йогуртів, нами встановлено, що для регулювання кислотності виробники використовують лимонну кислоту та її солі, а саме: цитрат натрію. Таким чином, визначена

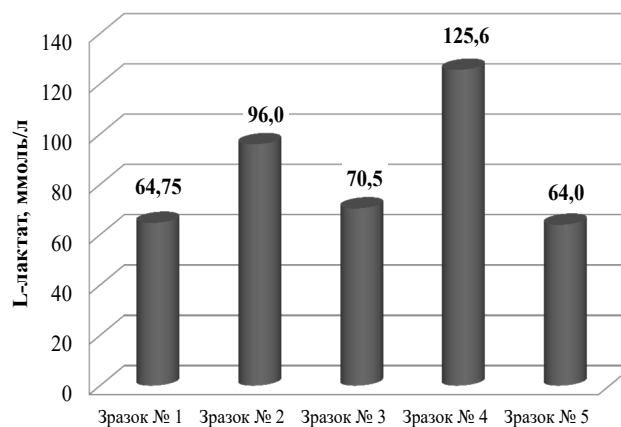


Рис. 3. Кількість L-лактату в йогуртах, відібраних для дослідження двохстадійним ензиматично-хімічним методом із утворенням Берлінської блакиті, ммоль/л

кількість молочної кислоти у відібраних зразках йогуртів 2,5 % жирності накопичилася під час молочнокислого бродіння.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Таким чином, у результаті проведених експериментальних досліджень нами доведено, що метод ФЦ b_2 -ББ є точним та економічно вигідним, оскільки не вимагає великих затрат на реактиви та є зручним у використанні в аналітичній практиці.

На перспективу буде проведено дослідження концентрації молочної кислоти і в інших харчових продуктах цим методом, технологічною схемою виробництва яких передбачено необхідність оцінки перебігу молочнокислого бродіння і відповідно тестування якості готової продукції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Давидович О. Я., Спринь Х. Р. Молочна кислота: значення та використання у харчовій промисловості. *Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг* : матеріали ІХ-ої міжнародної наук.-практ. конф. (м. Львів, 9 грудня 2021 р.). Львів : Видавництво «Растр-7», 2021. С. 70–73.

2. ДСТУ 4621:2006. Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови. [Batra B., Narwal V., Pundir C. S. An amperometric lactate biosensor based on lactate dehydrogenase immobilized onto graphene oxide nanoparticles-modified pencil graphite electrode. *Engineering in Life Sciences*. 2016. Vol. 16. № 8. P. 786–794.

3. Bravo I. Revenga-Parra M., Pariente F., Lorenzo E. Reagent-less and robust biosensor for direct determination of lactate in food samples. *Sensors*. 2017. Vol. 17. № 1. P. 144.

4. Mazzei F., Botrè F., Favero G. Peroxidase based biosensors for the selective determination of d,l-lactic acid and l-malic acid in wines. *Microchemical Journal*. 2007. Vol. 87. № 1. P. 81–86.

5. Marrazza G., Cagnini A., Mascini M. L- and d-lactate assay in real milk samples with immobilized enzyme reactors and graphite electrode. *Talanta*. 1994. Vol. 41. № 6. P. 1007–10014.

6. Pundir C. S., Narwal V., Batra B. Determination of lactic acid with special emphasis on biosensing methods: a review. *Biosensors and Bioelectronics*. 2016. Vol. 86. P. 777–790.

7. Suman S., Singhal R., Sharma A. L. [et al.]. Development of a lactate biosensor based on conducting copolymer bound lactate oxidase. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2005. Vol. 107. № 2. P. 768–772.

8. Xue Q., Yeung E. S. Indirect fluorescence determination of lactate and pyruvate in single erythrocytes by capillary electrophoresis. *Journal*

of Chromatography A. 1994. Vol. 661. № 1–2. P. 287–295.

9. Biagi S1., Ghimenti S., Onor M. B. E. Simultaneous determination of lactate and pyruvate in human sweat using reversed-phase high-performance liquid chromatography: a noninvasive approach. *Biomed Chromatogr*. P. 1408–1500.

10. Fleischmann G., Lederer F., Müller F. Flavin-protein interactions in flavocytochrome b_2 as studied by NMR after reconstitution of the enzyme with ^{13}C - and ^{15}N -labelled flavin. *European Journal of Biochemistry*. 2000. Vol. 267. № 16. P. 5156–5167.

11. Смуток О. В. L- і D-лактат селективні оксидоредуктази, рекомбінантні клітини дріжджів *Ogataea polymyxa* та нанорозмірні матеріали для розробки нових ензиматичних і біосенсорних підходів кількісного аналізу молочної кислоти : автореф. дис. ... док. біол. наук: 03.00.07. Львів, 2019. 40 с.

12. Gaida G. Z., Stel'mashchuk S. Ya., Smutok O. V., Gonchar M. V. A new method of visualization of the enzymatic activity of flavocytochrome b_2 in electrophoretograms. *Appl. Biochem. Microbiol*. 2003. Vol. 39. № 2. P. 221–223.

13. Smutok O., Gayda G., Shuhmann W., Gonchar M. Development of L-lactate-selective biosensors based on thermostable yeast L-lactate: cytochromec-oxidoreductase. InBook: "Investigations on sensor systems and technologies". Edited by Anna V. El'skaya, Vitaliy D. Pokhodenko. Kyiv: Institute of Molecular Biology and Genetics of NAS of Ukraine, 2006. P. 39–45.

REFERENCES:

1. Davydovych, O. Ya. and Spryn', Kh. R. (2021), Molochna kyslota: znachennia ta vykorystannia u kharchovij promyslovosti. *Innovatsii v upravlinni asortymentom, iakistiu ta bezpekoiu tovariv i posluh* : materialy IKh-oi mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. (m. L'viv, 9 hrudnia 2021 r.), Vydavnytstvo "Rastr-7", L'viv, s. 70–73.

2. DSTU 4621:2006. Kyslota molochna kharchova. Zahal'ni tekhnichni umovy. Chynnyj vid 2008-03-01. Vyd. ofits. (2007), Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv, 28 s.

3. Batra B., Narwal V. and Pundir C. S. (2016), An amperometric lactate biosensor based on lactate dehydrogenase immobilized onto graphene oxide nanoparticles-modified pencil graphite electrode, *Engineering in Life Sciences*, vol. 16, no. 8, pp. 786–794.

4. Bravo I. Revenga-Parra M., Pariente F. and Lorenzo E. (2017), Reagent-less and robust biosensor for direct determination of lactate in food samples, *Sensors*, vol. 17, no. 1, pp. 144.

5. Mazzei F., Botrè F. and Favero G. (2007), Peroxidase based biosensors for the selective determination of d,l-lactic acid and l-malic acid

in wines, *Microchemical Journal*, vol. 87, no. 1, pp. 81–86.

6. Marrazza G., Cagnini A. and Mascini M. (1994), L- and d-lactate assay in real milk samples with immobilized enzyme reactors and graphite electrode, *Talanta*, vol. 41, no. 6, pp. 1007–10014.

7. Pundir C. S., Narwal V. and Batra B. (2016), Determination of lactic acid with special emphasis on biosensing methods: a review, *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 86, pp. 777–790.

8. Suman S., Singhal R., Sharma A. L. [et al.] (2005), Development of a lactate biosensor based on conducting copolymer bound lactate oxidase, *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 107, no. 2, pp. 768–772.

9. Xue Q. and Yeung E. S. (1994), Indirect fluorescence determination of lactate and pyruvate in single erythrocytes by capillary electrophoresis, *Journal of Chromatography A.*, vol. 661, no. 1–2, pp. 287–295.

10. Biagi S1., Ghimenti S. and Onor M. B. E., Simultaneous determination of lactate and pyruvate in human sweat using reversed-phase high-performance liquid chromatography: a noninvasive approach, *Biomed Chromatogr.* Pp. 1408–1500.

11. Fleischmann G., Lederer F. and Müller F. (2000), Flavin-protein interactions in flavocytochrome

b_2 as studied by NMR after reconstitution of the enzyme with ^{13}C - and ^{15}N -labelled Flavin, *European Journal of Biochemistry*, vol. 267, no. 16, pp. 5156–5167.

12. Smutok, O. V. (2019), L- i D-laktat selektyvni oksydoreduktazy, rekombinantni klityny drizhdzhiv *Ogataea polymprpha* ta nanorozmirni materialy dlia rozrobky novykh enzymatychnykh i biosensornykh pidkhodiv kil'kisnoho analizu molochnoi kysloty : avtoref. dys. ... dok. biol. nauk: 03.00.07. L'viv, 40 s.

13. Gaida G. Z., Stel'mashchuk S. Ya., Smutok O. V. and Gonchar M. V. (2003), A new method of visualization of the enzymatic activity of flavocytochrome b_2 in electrophoretograms, *Appl. Biochem. Microbiol.*, vol. 39, no. 2, pp. 221–223.

14. Smutok O., Gayda G., Shuhmann W. and Gonchar M. (2006), *Development of L-lactate-selective biosensors based on thermostable yeast L-lactate: cytochromec-oxidoreductase. InBook: "Investigations on sensor systemsandtechnologies"*, Edited by Anna V. El'skaya, Vitaliy D. Pokhodenk, Institute of Molecular Biology and Genetics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pp. 39–45.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2022

УДК 519.6:637.03

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

РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНТЕРФЕЙСУ КОРИСТУВАЧА У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ВИРОБНИЦТВ

Анотація. У статті розглянуті актуальні наукові та прикладні напрямки в індустрії продуктів харчування для моделювання їх рецептур із заданими споживчими властивостями. Наведені результати дослідження можливості застосування методів математичного моделювання багатокomпонентного рецептурного складу м'ясних виробів. Надана характеристика операціям проєктування програмного забезпечення технологічного процесу виготовлення м'ясних виробів. Одним із шляхів реалізації поставленого завдання розглянуті формальний опис і послідовність функціонування процесу виробництва м'ясних виробів, зокрема ковбас, та взаємодія окремих елементів системи. Для цього змодельована оптимальна імітаційна модель, кінцевим завданням якої є програма чи програмний комплекс. При створенні програмного забезпечення розглядуваної системи розроблений інформаційний порядок потреб користувача в основі застосування основних ланок інтелектуальних інтерфейсів розробленої архітектури, діаграми пакетів програмного комплексу (ПК) “Фреймворк міт”, діаграми базових пакетів модуля “Нормативна-довідкова документація”, “Рецептура продуктів”, “Виробничі завдання”. Обґрунтована актуальність моделювання м'ясних виробів із заданим хімічним складом, збагачених функціональними харчовими інгредієнтами. Розглянуто створення продуктів харчування з високим рівнем збалансованості нутрієнтів та збагачення добових раціонів, яке виконується за допомогою комп'ютерного моделювання рецептур м'ясних виробів. Розглянуті основні фази імітаційного моделювання прийнятого класичного алгоритмічного підходу до моделювання з подальшою розробкою комп'ютерних програм. Проаналізовані етапи проєктування програмного забезпечення технологічного процесу виготовлення м'ясних виробів і інтерфейсу користувача технолога м'ясних виробництв. Показана необхідність формування математичної моделі проєктування м'ясних виробів побудовою математичного опису процесів та підпроцесів системи, що складається з сукупності спеціальних аналітичних та ймовірнісних математичних моделей різного характеру та використовуюваного формалізму. Розроблені алгоритми, що імітують процеси, які описуються спеціальними математичними моделями. Формування загального моделюючого алгоритму в єдине ціле відбувається відповідно до логіки причинно-наслідкових зв'язків процесів та підпроцесів, що відбуваються в реальній системі.

Ключові слова: м'ясні вироби, програмне забезпечення, виробництво, проєктування, програмний продукт.

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

DEVELOPMENT OF SOFTWARE ARCHITECTURE AND USER INTERFACE IN TECHNOLOGY OF MEAT PRODUCTION

Abstract. The article considers current scientific and applied areas in the food industry for modeling their recipes with the set consumer properties. The results of the research of the possibility of applying the methods of mathematical modeling of the meat products multicomponent recipe composition are given. The characteristic of software design operations of the meat production technological process is given. One of the ways to implement this task is the formal description and sequence of the process of meat products production, in particular sausages, and the interaction of individual elements of the system. For this purpose, the optimal simulation model is developed, the ultimate task of which is a computer program or a software package. When

creating the software of the considered system the information order of user needs is developed on the basis of application of the basic links of intelligent interfaces of the developed architecture, diagram of packages of a software complex (SC) «Framework Mit», diagrams of basic packages of the module, “Regulatory and Reference Documentation”, “Products Recipes”, “Production Tasks”. The relevance of meat products modeling with a given chemical composition, enriched with functional food ingredients is substantiated. The creation of foods with a high level of nutrient balance and enrichment of daily rations, which is performed by computer simulation of meat recipes is considered. The main phases of simulation modeling of the adopted classical algorithmic approach to modeling with further development of computer programs are considered. The stages of the software design of the technological process of meat products production and the user interface of the meat production technologist are analyzed. The necessity of forming a mathematical model of meat products design by building a mathematical description of processes and subprocesses of the system, consisting of a set of special analytical and probabilistic mathematical models of different nature and the formalism used is showed. Algorithms have been developed that simulate the processes described by special mathematical models. The formation of a general modeling algorithm into a single whole occurs accordingly with the logic of cause-and-effect relationships of processes and subprocesses that occur in a real system.

Key words: meat products, software, production, design, software product.

JEL Classification: C53, C88, O32, O33

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-07>

Постановка проблеми. Забезпечення споживачів високоякісними продуктами харчування є однією з пріоритетних соціальних, економічних та науково-технічних проблем, які вирішуються на високому рівні.

Оптимальний склад та співвідношення інгредієнтів є основним завданням під час проектування складу багатокомпонентних м'ясних виробів. Сучасна сировинна база харчової промисловості складається із значної кількості інгредієнтів, що мають свої особливості та відрізняються за функціональними, фізичними, хімічними та органолептичними показниками, систематизація яких дозволить значною мірою спростити процес проектування складу та рецептур. Якщо вчасно відстежувати актуалізацію видів та властивості харчових інгредієнтів, зміну переваг споживачів, розробку продуктів із заздалегідь визначеним хімічним складом, харчовою цінністю та функціональною спрямованістю, то це дозволить автоматизувати проектування складних багатокомпонентних виробів.

Стадії і етапи роботи з проектування описані в стандарті ДСТУ 34.601-90. Стадія проектування може складатися з наступних етапів:

- проектування програмного забезпечення, де проводиться розробка проектних рішень у всій системі і по її частинах;
- проектування інтерфейсу користувача програмним продуктом;
- розробка документації на автоматизовану систему і її оформлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проектуванням програмного забезпечення тех-

нологічного процесу виготовлення м'ясних виробів займалися Токарев А. В., Красуля О. Н. [9, 12] в задачі оптимізації керуючих впливів у рецептурах ковбасних виробів за наявності технологічних дефектів, Джарратано Д., Райлі Г. [1], Чорний А. І. [10], Попов Ф. А. досліджував проблеми і принципи побудови інтерфейсів користувача інформаційних систем [6–8] та інші автори в працях [2–5, 11].

Розробка програмного забезпечення технологічного процесу включає наступні операції:

- формування вимог до програмного продукту, які коректно і точно відображають цілі і завдання програмного моделювання;
- уточнення складу об'єктів програмного забезпечення (ПЗ) і структури зв'язків блоків програмного продукту (так звані програмні модулі);
- визначення інформаційних систем проектування, які використовуються для розробки моделей складу і структури зв'язків між об'єктами програмного продукту, методів проектування, згідно з якими розробляються алгоритми обробки інформації;
- завершення проектування розробкою технічного проекту.

Етапи проектування інтерфейсу користувача технолога м'ясних виробництв включають наступні види робіт:

- 1) розробка графічного інтерфейсу для комфорту експлуатації користувачем програмного продукту. Тут найчастіше використовують середовища програмування Delphi, Dreamviewer, FrontPage і ін. Графічний інтерфейс користувача представляється у вигляді системи спусканого

меню при використанні систем введення інформації: миші і клавіатури;

2) розробка екранних вікон і форм, що містять об'єкти управління, панелі інструментів із піктограмами, вихідні модулі. Відзначимо стандартні вимоги до графічного інтерфейсу:

- постійне місце розташування графічних об'єктів на екрані;

- лінійка меню включає більше 6 понять (підменю), кожне з яких містить не більше 6 опцій (правило «шести»);

- пункти меню повинні містити звичні і короткі назви. Робота над проектуванням інтерфейсу користувача ПЗ для задач комп'ютерного моделювання найчастіше проводиться тоді, коли програмний продукт готується для передачі замовнику, тиражування або впровадження в фонд алгоритмів і програм.

При створенні програмного забезпечення системи виконується розробка програмних модулів – програмування, інакше кажучи, створення програмного коду, який полягає:

- у розробці блоку програм управління функціонуванням системи;

- у розробці блоку програм, що реалізують розрахункові формули і функціональні алгоритми;

- у розробці блоку обробки результатів моделювання. Програмісти розробляють за системними специфікаціями схеми програм і програмні специфікації, потім пишуть і налагоджують програми; проводять налагодження комплексів програм у модулях і задачах. У даний час часто використовуються готові програмні рішення, в яких процес розробки ПЗ зводиться до: модульного і параметричного налаштування; розробки компонентних додатків.

За сценарієм і поточним станом діалогу діалоговий монітор формує або визначає форму спілкування, а також тип завдання, що виконується системою на поточному кроці (типи завдань – генерація питання, розуміння відповіді, генерація відповіді тощо). Важливе місце у структурі діалогового монітора займає запропонований у роботі [8] механізм динамічного завдання таблиць еквівалентностей підпрограм (процедур), що забезпечує використання в процесі діалогу без зміни його сценарію різних за змістом та результатами виконання, але еквівалентних за типом виконуваних дій процедур.

Останній компонент інтерфейсу – бібліотека процедур, що використовуються діалоговим монітором для виконання дій, що відпові-

дають функціональним операторам мови опису діалогів, таким як виконання різних операцій, формування осіб при табличній формі спілкування тощо.

Головна особливість сучасних інформаційних систем (ІС) – це спілкування з користувачами мовами, близькими до природної, що є його підмножиною. При цьому природність даних мов полягає насамперед у тому, щоб вони дозволяли вести взаємодію з комп'ютером за мінімальної підготовки користувача, без необхідності попереднього звернення до інструкцій та запам'ятовування різних правил побудови висловлювань [11].

Постановка завдання. Для реалізації поставленого завдання необхідні формальний опис і послідовність функціонування процесу виробництва м'ясних виробів, зокрема ковбас, та взаємодія окремих елементів системи. Для цього слід змодельувати оптимальну імітаційну модель, кінцевим завданням якої є програма чи програмний комплекс.

При створенні програмного забезпечення системи виконується розробка інформаційного задоволення потреб користувача на основі застосування основних ланок інтелектуальних інтерфейсів на основі розробленої архітектури, діаграми пакетів ПК «Фреймворк міт», діаграми базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація», «Рецептура продуктів», «Виробничі завдання».

Виклад основного матеріалу дослідження. Структура ПК «Фреймворк міт» з точки зору його архітектури складається з декількох шарів, представлених на рис. 1.

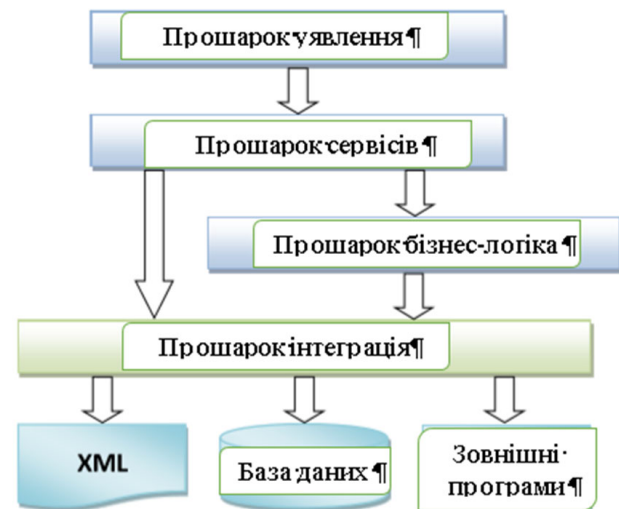


Рис. 1. Архітектура ПК «Фреймворк міт»

Прошарок уявлення охоплює все, що має відношення до спілкування користувача з програмою. Прошарок уявлення представлений у вигляді графічного інтерфейсу. Основна інформація – нормативна документація, архів рецептур, список виробничих завдань, список користувачів, виробничі журнали тощо. Відображається за допомогою таблиць. Крім взаємодії з таблицями, ряд операцій доступні користувачеві за допомогою кнопок і меню.

Прошарок сервісів містить набір сервісів, що являють собою пов'язані між собою програмні класи й інтерфейси і призначені для вирішення окремих функціональних завдань. Сервісний шар інкапсулює логіку програми та ізолює бізнес-логіку від її уявлення. Крім цього, в сервісному прошарку здійснюється попередня перевірка коректності введених даних. Також у сервісному шарі знаходяться класи для роботи із зовнішніми сервісами.

Прошарок бізнес-логіки містить програмні класи, що відображають предметну область. Логіка даного шару описує функції програми, призначені для досягнення поставленої перед ним мети, обчислення на основі введених і збережених даних.

Прошарок інтеграції являє собою набір програмних інтерфейсів і класів, які пов'язують сховище даних (база даних, XML-документи, зовнішні програми тощо), з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створюючи «віртуальну об'єктну базу даних». Код даного прошарку несе відповідальність за моніторинг транзакцій, завантаження і збереження даних у сховищі даних, управління іншими додатками, обмін повідомленнями. Прошарок Інтеграція є провідником між сховищем даних і класами

предметної області, виконуючи ключову роль у формуванні об'єктно-реляційного відображення (ORM – Object-Relational Mapping).

На рис. 2 представлена діаграма пакетів ПК «Фреймворк міт».

Структура програми являє собою набір пов'язаних між собою пакетів (модулів і їх інтерфейсів та класів), кожен із яких вирішує певний набір завдань. Головний пакет програми називається «Application», який у своїй роботі використовує інші допоміжні пакети:

- «Application» – головний пакет програми, що здійснює завантаження і внутрішнє управління додатком;
- «AppLibrary» – пакет, що містить константи, типи, допоміжні програмні інтерфейси, класи і функції для роботи програми;
- «DBConnection» – пакет, класи якого здійснюють процедуру підключення до бази даних, зберігається реєстр доступних баз даних;
- «DBService» – пакет, що забезпечує верхній сервісний шар із управління базою даних: з'єднання, резервування, відновлення, виправлення помилок, оновлення;
- «CAD» – пакет, сервіси якого формують ядро (платформу) Додатки, управляють списком доступних модулів, а також відкривають глобальну сесію доступу до даних програми та бази даних для внутрішніх пакетів;
- «AppConfig» – пакет, що надає сервіс із налаштування конфігурації програми;
- DataCommunication – пакет, що надає сервіс із інтеграції та обміну даними із зовнішніми додатками;
- «Desktop» – пакет, який формує робочий стіл Додатки;

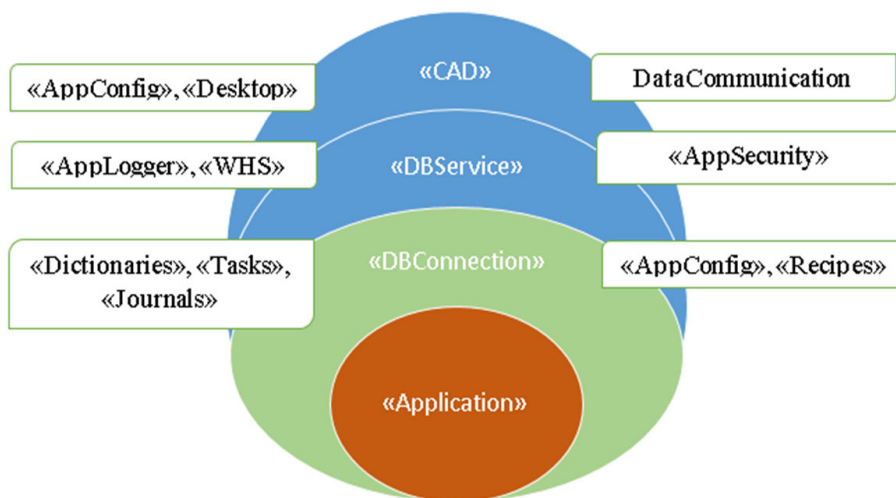


Рис. 2. Діаграма пакетів ПК «Фреймворк міт»

– “AppLogger” – пакет, сервіс якого веде лог-файл із виникаючими помилками в додатку і базі даних;

– “AppSecurity” – пакет контролю доступу, що визначає, який користувач може отримувати доступ до конкретного об’єкта і які саме операції дозволено або заборонено йому проводити над цим об’єктом;

– “WHS” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи зі складами підприємства;

– “Dictionaries” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з нормативно-довідковою документацією;

– “Recipes” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з рецептурами продуктів, у тому числі їх моделювання, оптимізацію й експертний аналіз якості;

– “Tasks” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з виробничими завданнями;

– “Journals” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з виробничими журналами.

На рис. 3 представлена діаграма базових пакетів модуля «Нормативно-довідкова документація» ПК «Фреймворк міт».

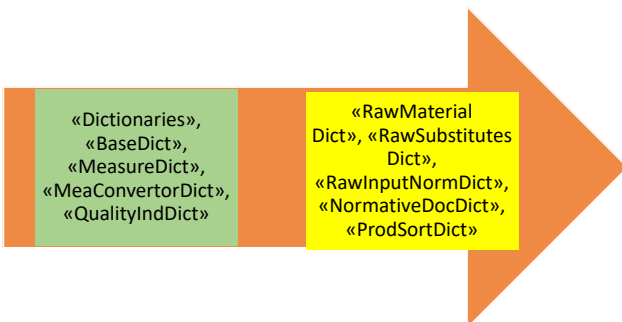


Рис. 3. Діаграма базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація» ПК «Фреймворк міт»

“Dictionaries” є основним пакетом реалізації модуля “Нормативно-довідкова документація” і складається з декількох допоміжних пакетів:

– “BaseDict” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації довідників;

– “MeasureDict” – пакет, який реалізує довідник “Одиниці виміру”;

– “MeaConvertorDict” – пакет, який реалізує довідник “Конвертор одиниць вимірювань”, в якому зберігається інформація про коефіцієнт перекладу з одних одиниць вимірювання в інші;

– “QualityIndDict” – пакет, який реалізує довідник “Показники якості”;

– “RawMaterialDict” – пакет, який реалізує довідник “Сировина і матеріали”;

– “RawSubstitutesDict” – пакет, який реалізує довідник “Взаємозамінність сировини”, в якому зберігається інформація про заміники сировини, тобто яку сировину і за яких умов можна замінити;

– “RawInputNormDict” – пакет, який реалізує довідник “Норми введення інгредієнтів”, в якому зберігається інформація про допустимі норми вмісту інгредієнтів у рецептурі продукту;

– “NormativeDocDict” – пакет, який реалізує довідник “Нормативна документація”, в якому зберігається інформація про нормативну документацію: ДСТУ, ТУ і т.п.;

– “ProdSortDict” – пакет, який реалізує довідник “Сорти виробів”.

На рис. 4 представлена діаграма базових пакетів модуля “Рецептури продуктів” ПК “Фреймворк міт”.

“Recipes” є основним пакетом реалізації модуля “Рецептури продуктів” і складається з декількох допоміжних пакетів:

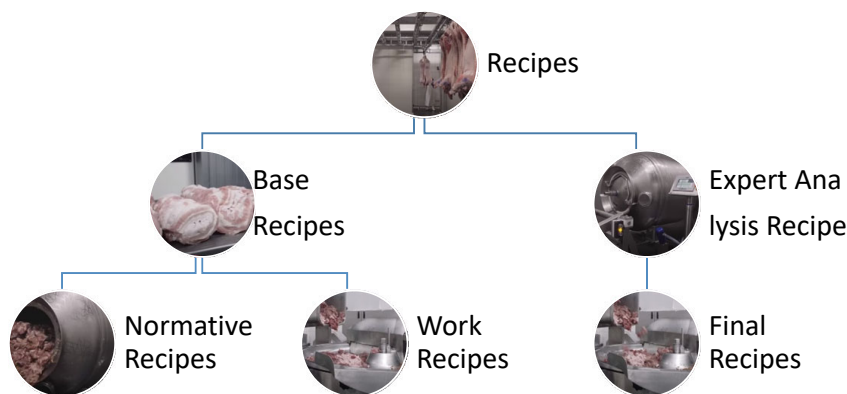


Рис. 4. Діаграма базових пакетів модуля «Рецептури продуктів» ПК «Фреймворк міт»

– “BaseRecipes” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації конкретного типу рецептури;

– “ExpertAnalysisRecipe” – пакет, інтерфейси і класи якого є переважно програмною реалізацією експертної системи аналізу якості рецептури продукту;

– “NormativeRecipes” – пакет, який реалізує нормативні (базові) рецептури, – документ, в якому вказано інгредієнтний склад продукту, вимоги до його якості, допоміжні матеріали та інші властивості рецептури, що відповідають нормативній документації (ДСТУ, ТУ тощо);

– “WorkRecipes” – пакет, який реалізує оперативні (робочі) рецептури, які виконують одну з основних функцій програми. Оперативна рецептура отримується шляхом розрахунку оптимальної рецептури (тобто продукт якої має мінімальну собівартість, але при цьому відповідає висунутим вимогам до його якості) на базі нормативної рецептури або при розробці нового продукту із заданими споживчими характеристиками;

– “FinalRecipes” – пакет, який реалізує затвержені рецептури. Вони формуються з нормативних і оперативних рецептур. Саме за цими рецептурами виготовляється продукція підприємства;

– “OptimizationRecipe” – пакет, інтерфейси і класи якого є переважно програмною реалізацією моделювання оптимальної рецептури продукту.

На рис. 5 представлена діаграма базових пакетів модуля «Виробничі завдання» ПК «Фреймворк міт».

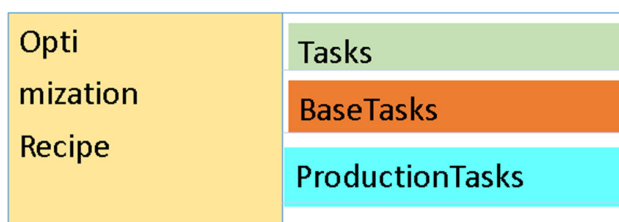


Рис. 5. діаграма базових пакетів модуля «Виробничі завдання» ПК «Фреймворк міт»

“Tasks” є основним пакетом реалізації модуля «Виробничі завдання» і складається з декількох допоміжних пакетів:

– “BaseTasks” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації конкретного типу виробничого завдання;

– “ProductionTasks” – пакет, який реалізує функціонал модуля «Завдання на вироблення продукції».

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. В результаті проведеного дослідження обґрунтована актуальність моделювання м'ясних виробів із заданим хімічним складом, збагачених функціональними харчовими інгредієнтами. Застосування комп'ютерного моделювання рецептур м'ясних виробів сприятиме створенню продуктів харчування з високим рівнем збалансування нутрієнтів та збагачення добових раціонів.

Розглянута сутність імітаційного моделювання прийнятого класичного алгоритмічного підходу до програмування, вираженого у наступних основних фазах:

– побудова математичного опису процесів та підпроцесів системи, що складається з сукупності спеціальних аналітичних та ймовірнісних математичних моделей різного характеру та використовуваного формалізму, яка є загальною математичною моделлю проєктування м'ясних виробів;

– розроблені алгоритми, що імітують процеси, які описуються спеціальними математичними моделями. Формування загального моделюючого алгоритму в єдине ціле відповідно до логіки причинно-наслідкових зв'язків процесів та підпроцесів, що відбуваються в реальній системі, і формування сукупності цих алгоритмів.

У процесі подальших досліджень необхідно реалізувати на ЕОМ програми імітації та статистичного аналізу ефективності розробленої системи інтерфейсів на основі запропонованої архітектури, діаграми пакетів ПК «Фреймворк міт», діаграми базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація», «Рецептура продуктів», «Виробничі завдання», її налагодження, тестування та експлуатацію. Математичне та імітаційне моделювання – один із найнеобхідніших інструментів вирішення визначених завдань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2007. 1152 с.
2. Зайцев Д. А. Математические модели дискретных систем : учеб. пособие. Одесса : ОНАС им. А.С. Попова, 2004. 40 с.
3. Маликов Р. Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем [Текст] : учеб. пособие. Уфа : Изд-во БГПУ, 2012. 257 с.
4. Минский М. Фреймы для представления знаний. Москва : Энергия, 1978. 201 с.

5. Норвиг П. Современный подход к искусственному интеллекту. Санкт-Петербург : Дрофа, 2007. 1408 с.

6. Попов Ф. А., Овечкин Б. П., Максимов А. В. Проблемы и принципы построения пользовательских интерфейсов информационных систем. *Известия АГУ*. №1/2000. С. 57–60.

7. Попов Ф. А. Проблемы интеллектуализации пользовательских интерфейсов информационных систем. *Ползуновский вестник*. 2004. № 3. С. 99–103.

8. Попов Ф. А., Груздев Г. П., Галигузов С. Н. Информационно-поисковая система в автоматизированной системе проектирования. *Эксплуатация вычислительной машины БЭСМ-6* : матер. VI конф. Тбилиси : ТГУ, 1977. 231 с.

9. Токарев А. В., Красуля О. Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов. *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 4. С. 66–71.

10. Черный А. И. Введение в теорию информационного поиска. Москва : Наука, 1975. 176 с.

11. Marthin J. Application Development without Programmers. Savant Institute, 1981. 97 p.

12. Potoroko I. I., Krasulia O. N., Tokarev A. V. Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor. *Economics & Management Research Journal of Eurasia*. 2014. № 1. С. 58–65.

REFERENCES:

1. Dzharratano D. and Rajly H. (2007), *Ekspertnye systemy: pryntsyпы razrabotky y prohrammyrovaniya*, Yzdatel'skyj dom "Vyl'iams", Moskva, 1152 s.

2. Zajtsev, D. A. (2004), *Matematycheskye modely dyskretnykh system* : ucheb. posobyе, ONAS ym. A.S. Popova, Odessa, 40 s.

3. Malykov, R. F. (2012), *Osnovy razrabotky komp'uternykh modelej slozhnykh system* [Tekst] : ucheb. posobyе, Yzd-vo BHPU, Ufa, 257 s.

4. Mynskiy M. (1978), *Frejmy dlia predstavleniya znanyj*, Enerhyia, Moskva, 201 s.

5. Norvyh P. (2007), *Sovremennyj podkhod k yskusstvennomu yntellektu*, Drofa, Sankt-Peterburh, 1408 s.

6. Popov, F. A. Ovechkyn, B. P. and Maksymov, A. V. Problemy y pryntsyпы postroeniya pol'zovatel'skykh ynterfejsov ynformatsyonnykh system, *Yzvestyia AHU*, № 1/2000, s. 57–60.

7. Popov, F.A. (2004), *Problemy yntellektualyzatsyy pol'zovatel'skykh ynterfejsov ynformatsyonnykh system*, *Polzunovskyy vestnyk*, № 3, s. 99–103.

8. Popov, F. A. Hruzdev, H. P. and Halyhuzov, S. N. (1977), *Ynformatsyonno-poyskovaia systema v avtomatyzirovannoj systeme proektyrovaniya*, *Ekspluatatsyia vychyslytel'noj mashyny BESM-6* : mater. VI konf, THU, Tbylysy, 231 s.

9. Tokarev, A. V. and Krasulia, O. N. (2015), *Optymyzatsyia upravliaiuschykh vozdeystvyj v retsepturakh kolbasnykh yzdelyj pry nalychyy tekhnolohycheskykh defektov*, *Vestnyk VHUYT*, № 4, s. 66–71.

10. Chernyj, A. Y. (1975), *Vvedeniye v teoriyu ynformatsyonnoho poyska*, Nauka, Moskva, 176 s.

11. Marthin J. (1981), *Application Development without Programmers*, Savant Institute, 97 r.

12. Potoroko, I. I. Krasulia, O. N. and Tokarev, A. V. (2014), *Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor*, *Economics & Management Research Journal of Eurasia*, № 1, s. 58–65.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2022

УДК 664.66.022.39

Сукманов В. А.,
sukmanovvaleri@gmail.com, ORCID 0000-0003-1248-4068,
Researcher ID C-6208-2019,
д.т.н., професор кафедри технології харчування,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Супрун А. В.,
suprun9111@gmail.com, ORCID 0000-0002-0604-3082,
Researcher ID AHB-1299-2022,
аспірант кафедри технології харчування,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТУ ЛУШПИННЯ ЦИБУЛІ В ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Анотація. Дана робота присвячена дослідженню впливу включення в рецептуру екстракту лушпиння цибулі на якість хлібобулочних виробів, а саме білого пшеничного хліба. Метою роботи є вивчення впливу застосування екстракту лушпиння цибулі у технології пшеничного хліба на його показники якості. Об'єктом дослідження є екстракт лушпиння цибулі отриманий способом екстрагування субкритичною водою у статичному режимі, тісто і зразки хліба з додаванням екстракту. Екстракт лушпиння цибулі отримано сучасним, екологічно чистим та енергоефективним методом – субкритичним екстрагуванням водою. Для дослідження було виготовлено три зразки хліба: контрольний за класичною рецептурою та з додаванням екстракту лушпиння цибулі із заміною води в рецептурі на 0,1 % та 0,2 % екстракту. Для визначення основних показників якості тіста і готових виробів використовувалися загальноприйняті, а також регламентовані ДСТУ методи та прилади. При формуванні об'єму, пористої структури та реологічних властивостей тіста найкращі результати зафіксовано у зразку з додаванням 0,1 % екстракту лушпиння цибулі. За фізико-хімічними та органолептичними властивостями готової продукції найкращі результати також отримав хліб з додаванням 0,1 % екстракту лушпиння цибулі. Досліджено структурно-механічні властивості хліба протягом 72 год. зберігання, значення пружної деформації зразків з додаванням 0,1 % та 0,2 % екстракту лушпиння цибулі на 19 % та 17 % було більше, ніж у контрольного зразка. При додаванні в рецептуру хліба екстракту лушпиння цибулі підвищується загальний вміст поліфенолів та загальна антиоксидантна ємність готового продукту, також протягом терміну зберігання зменшується розвиток мікроорганізмів у хлібі, відносно контрольного зразка. Використання екстракту лушпиння цибулі, отриманого екстрагуванням субкритичною водою, дозволяє не тільки збагатити хлібобулочні вироби біологічно активними речовинами, а й отримувати продукцію високої якості. Подальші дослідження повинні бути присвячені вивченню впливу включення в рецептуру екстракту лушпиння цибулі, на якість інших видів хлібобулочних виробів.

Ключові слова: тісто, пшеничний хліб, субкритична вода, екстракт лушпиння цибулі, показники якості хліба.

Sukmanov V. A.,

sukmanovvaleri@gmail.com, ORCID 0000-0003-1248-4068,

Researcher ID C-6208-2019,

Doctor of Engineering, Professor of the Department of Food Technology,

Sumy National Agrarian University, Sumy

Suprun A. V.,

suprun9111@gmail.com, ORCID 0000-0002-0604-3082,

Researcher ID AHB-1299-2022,

graduate student of the Department of Food Technology,

Sumy National Agrarian University, Sumy

USE OF ONION PEEL EXTRACT IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY

Abstract. *This work is devoted to the study of the influence of the inclusion in the recipe of onion peel extract on the quality of bakery products, namely white wheat bread. The aim of the work is to study the influence of the use of onion peel extract in the technology of wheat bread on its quality indicators. The object of study is the extract of onion peel obtained by extraction with subcritical water in static mode, dough and bread samples with the addition of extract. Onion peel extract is obtained by a modern, environmentally friendly and energy efficient method – subcritical extraction with water. Three samples of bread were made for the study: control according to the classic recipe and with the addition of onion peel extract with water replacement in the recipe by 0,1% and 0,2% extracts. To determine the main indicators of the quality of the dough and finished products used generally accepted, as well as regulated by SSOU methods and devices. When forming the volume, porous structure and rheological properties of the dough, the best results were recorded in the sample with the addition of 0,1% of onion peel extract. According to the physicochemical and organoleptic properties of the finished product, the best results were also obtained by bread with the addition of 0,1% of onion peel extract. The structural and mechanical properties of bread for 72 hours were studied. storage, the value of elastic deformation of the samples with the addition of 0,1% and 0,2% of onion peel extract by 19% and 17% was more than in the control sample. The addition of onion peel extract to the bread recipe increases the total content of polyphenols and the total antioxidant capacity of the finished product, and during the shelf life the development of microorganisms in the bread decreases relative to the control sample. The use of onion peel extract, obtained by extraction with subcritical water, allows not only to enrich bakery products with biologically active substances, but also to obtain high quality products. Further research should be devoted to studying the effect of inclusion in the recipe of onion peel extract on the quality of other types of bakery products.*

Key words: dough, wheat bread, subcritical water, onion peel extract, bread quality indicators.

JEL Classification: L 15.

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-08>

Постановка проблеми. Зміна умов праці та побуту в сучасних умовах призвела до істотної зміни стереотипу харчування та невідповідності хімічного складу раціону оптимальному рівню: скоротилося споживання овочів та круп'яних культур, збільшилася кількість рафінованих продуктів.

У той самий час ступінь відповідності харчування потребам організму впливає на стан імунної системи, здатність подолання стресових ситуацій, темпи фізичного і психічного розвитку в ранньому віці, рівень активності і працездатності й у значною мірою репродуктивність. Крім цього, все більш агресивний вплив як екологічних, так і соціальних економічних факторів

викликає потребу створення продуктів харчування нового покоління, які повинні не тільки забезпечувати організм речовинами, необхідними для зростання та активної життєдіяльності, а й стимулювати його захисні функції.

Одне з напрямів конструювання таких продуктів – застосування в їх виробництві екстрактів, багатих біологічно активними речовинами.

Перспективною сировиною для отримання таких екстрактів є жовта цибуля (*Allium cépa*). При переробці даної культури щорічно у світі утворюється близько 0,55 млн. т відходів [1]. До цих відходів відноситься лушпиння цибулі (ЛЦ), що утворюється під час зберігання, шляхом самовільного відлучення поверхневого шару при

висиханні. При утилізації ЛЦ стає екологічною проблемою, оскільки не підходить в якості кормів для тварин та компосту для посівних земель, подальша утилізація відбувається на сміттєзвалищах. Доведено, що в ЛЦ міститься більше БАР, ніж у їстівній частині цибулини. У ЛЦ виявлено велику кількість поліфенолів, а саме флавоноїдів таких як: рутин та кверцетин. Ці флавоноїди мають високу антиоксидантну активність, мають протизапальну, антигістамінну, антиалергічну, протипухлинну здатність. Крім того, вони мають антитромбозну активність та здатність попереджувати серцево-судинні захворювання [2].

Доведено, що доцільно використовувати ЛЦ, як сировину для отримання екстрактів, що містять в собі БАР, а саме екстрагуванням субкритичною водою (СКВ). Зміни, що відбуваються з фізико-хімічними властивостями води при збільшенні тиску і температури, надають їй ряд переваг над іншими видами екстрагентів: висока чутливість розчинюючої здатності СКВ до зміни тиску або температури; простота поділу СКВ і розчинених в ній речовин при скиданні тиску; технологічна і екологічна безпека виробництва; низька собівартість [3].

Враховуючи вищезазначене, доцільно ввести екстракт ЛЦ в якості сировини в рецептуру харчових продуктів, що дозволить збагатити їх БАР та підвищити антиоксидантну властивість. З урахуванням наукових принципів, розроблених Всесвітньою організацією охорони здоров'я (Комісія Codex Alimentarius), застосування біологічно активних речовин, перш за все, має бути в продуктах масового споживання, доступних для всіх груп населення і регулярно використовуваних у повсякденному харчуванні. До таких продуктів відноситься хлібобулочні вироби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час проведено велику кількість досліджень щодо використання рослинних екстрактів в технології хліба. Аналіз літературних джерел показав, що дослідження, пов'язані з введенням екстракту ЛЦ в рецептуру хліба, вже проводились, але в незначній кількості. Було досліджено вплив метанолового екстракту ЛЦ на показники якості пшеничного хліба. Встановлено, що метаноловий екстракт не доцільно включати в рецептуру пшеничного хліба в великих кількостях через його токсичність. Це негативно впливає на розвиток тіста та на органолептичні показники готового виробу [4]. Включали в рецептуру хліба 1% екстракт ЛЦ, отриманий екстрагуванням гарячою водою, при додаванні такої концентрації

екстракту значно збільшився вміст БАР в готовому виробі, у порівнянні з контрольним зразком, але органолептичні показники погіршилися, а саме: структура м'якуша, смак хліба був гіркуватий [5, 6].

Постановка завдання. За умов невеликої кількості досліджень якісних показників хліба, в рецептуру якого включено екстракт ЛЦ, стає необхідним і надалі вивчати вплив екстракту ЛЦ на якість хліба. Об'єкт дослідження – екстракт ЛЦ отриманий способом екстрагування СКВ у статичному режимі, тісто і зразки хліба з додаванням екстракту ЛЦ. Мета досліджень – вивчення впливу застосування екстракту ЛЦ у технології пшеничного хліба на його показники якості.

Виклад основного матеріалу дослідження. ЛЦ отримано від магазину продуктових товарів у м. Суми, далі підготовлювалось до екстрагування [8]. Для сушіння екстрактів використовували сушильну шафу СЭШ-ЗМК (ТОВ «Украналітика», м. Харків, Україна). Фотоколориметричний аналіз витяжок зразків хліба проводили на концентраційному колориметрі КФК-2-УХЛ4.2 (АТ «ЗОМЗ», м. Сергєєв Посад, Росія). Для дослідження структурно-механічних властивостей хліба використовували структурометр СТ – 1М.

Екстракт ЛЦ отримували екстрагуванням субкритичною водою у статичному режимі. Екстрагування проводили на експериментальній установці на базі реактора високого тиску РВД-2-500 (НПП «УКРОРГСИНТЕЗ», м. Київ, Україна), за параметрами: температура екстрагування 164 °С; тривалість екстрагування 20 хв, гідромодуль 1:32; фракція подрібнення ЛЦ ... 0,5 мм; тиск 8 МПа [4]. Отриманий екстракт розливали в скляний термостійкий посуд, з невисокими бортами, поміщали в сушильну шафу, висушували до постійної ваги при температурі 60 °С. По закінченню сушіння, екстракт ЛЦ видаляли зі скляного посуду пластиковим шпателем, він мав вигляд кристалічного порошку. Висушений екстракт ЛЦ розчиняли у воді у співвідношенні 0,1 г/100 мл та 0,2 г/100 мл води, що додається за рецептурою. В якості контролю було обрано хліб з пшеничного борошна вищого гатунку, без додавання екстракту. Рецептура хліба з пшеничного борошна приведена в таблиці 1.

Тісто готували безопарним способом. В ємність дозували сировину в кількості на перерахунок 650 г тіста. Тісто замішувалось протягом 15 хв. та зроджувалось на протязі 180 хв., при температурі 32 °С з періодичним обминанням.

Таблиця 1

Рецептура виготовлення хліба

Найменування сировини	Кількість сировини, %		
	Контроль	з 0,1%-ним екстрактом	з 0,2%-ним екстрактом
Борошно пшеничне в/г	61,5	61,5	61,5
Дріжджі пресовані	1,5	1,5	1,5
Сіль	1	1	1
Цукор	0,6	0,6	0,6
Вода	35,4	–	–
Екстракт ЛЦ	–	35,4	35,4

Після формування та остаточного вистоювання хліб випікався при температурі 180 °С протягом 40 хв. Випечені вироби охолоджували при температурі 20 °С і відносній вологості не більше 75%. Аналіз готових виробів проводили через 16 години після випічки хліба. Упакований в поліпропіленову плівку, хліб зберігали при кімнатній температурі.

Для визначення основних показників якості тіста та готових виробів використовували загальноприйняті та регламентовані ДСТУ методи і прилади. При оцінці якості хліба визначали органолептичні і фізико-хімічні показники: вологість м'якушки, кислотність, пористість [8].

Визначення загальної антиоксидантної ємності (ЗАЄ) досліджуваних об'єктів засновано на кулонометричному титруванні зразків електрогенерованим бромом. Загальний вміст поліфенолів (ЗВПФ) у зразках визначено фотоколориметричним методом з реактивом *Folin-Ciocalteu*. Величини ЗАЄ та ЗВПФ зразків виражено в мг галової кислоти в розрахунку на одиницю маси сухої речовини (мг ЕГК/г зразка). Для приготування екстрактів використано рідинно-твердофазну екстракцію за співвідношення маси відповідного подрібненого зразка до маси розчинника (води) 1:10. Отриманий після центрифугування супернатант оброблено концентрованим водним розчином цинку сульфату для осадження білків і крохмалю [9].

Вивчали вплив екстракту ЛЦ на черствіння хліба в процесі зберігання. Структурно-механічні властивості м'якушки, як критерій оцінки свіжості хліба, оцінювали на структурометрі: через 24, 48 і 72 годин після випічки визначали загальну (ΔH_3), і пластичну ($\Delta H_{пл}$) деформації м'якушки. Пружну деформацію (НЗ) в одиницях приладу, обчислюють за формулою: $H_{пр} = H_3 - H_{пл}$ [10].

Мікробіологічні показники у зразках, в першу чергу присутність картопляної палички визначають шляхом термостатування готових виробів загорнутих у вологий папір при температурі 37 °С протягом 35–72 годин [11].

Отриманий екстрагуванням СКВ за вказаними параметрами екстракт ЛЦ представляє собою рідину темного-коричневого кольору з ледь вираженим специфічним запахом та гіркуватотерпким смаком, вміст сухих речовин в екстракті склав 1,01%, загальний вміст поліфенолів – 163,24 мг/мл, загальний вміст флавоноїдів – 7,87 мг/мл. Висушений екстракт має вигляд кристалічного порошку темно коричневого кольору. 0,1% екстракт ЛЦ прозорого коричневого кольору, не має запаху та ледь присутній терпкий присмак, загальний вміст поліфенолів – 14,17 мг/мл, загальний вміст флавоноїдів – 0,71 мг/мл. 0,2% екстракту колір більш насичений, загальний вміст поліфенолів – 27,87 мг/мл, загальний вміст флавоноїдів – 1,39 мг/мл.

При вивченні впливу екстракту ЛЦ і його дозувань на властивості тіста, клейковину із зразків напівфабрикату відбирали та оцінювали її якість. Встановили, що внесення екстракту знижує розтяжність клейковини і збільшує її пружні властивості. Це пояснюється дією фенольних сполук, що входять до складу екстракту, знижуючи активність протеолітичних ферментів борошна і зміцнюючи внутрішньо-молекулярну структуру білка, а також збільшуючи дію фосфоліпідних молекул, взаємодіючих з білками клейковини і утворюючи ліпопротеїди.

Для дослідження впливу екстракту ЛЦ на формування об'єму, структури пористості та реологічних властивостей в тісті, визначено питомий об'єм тіста протягом 180 хв. бродіння (таблиця 2).

Таблиця 2

Вплив екстракту ЛЦ на властивості пшеничного тіста в процесі бродіння

Час бродіння тіста, хв	Питомий об'єм тіста, см ³ /г		
	контроль	з 0,1%-ним екстрактом	з 0,2%-ним екстрактом
60	1,29	1,43	1,32
120	2,77	2,94	2,76
180	4,18	4,51	4,34

Внесений екстракт надав позитивний вплив на висоту підйому тіста. Зразок з внесенням 0,1 % розчину мав максимальний питомий об'єм і перевищив показник контрольного зразку на 7,89 %. Питомий об'єм зразка з додаванням 0,2 %

розчину був вище контрольного на 3,82 % протягом 180 хв зброджування.

Аналіз якості хлібобулочних виробів проводили за фізико-хімічними (таблиця 3) показниками. З даних, представлених в табл. 3 видно, що вологість обох зразків майже не відрізняється, дані параметри відповідають вимогам нормативних документів. Зі збільшенням концентрації екстракту ЛЦ кислотність м'якушки підвищувалася в порівнянні з контролним зразком, в зв'язку з підвищеною кислотністю екстракту, але не перевищувала нормативного значення зазначеного в ДСТУ (3–4 Н) [14]. Пористість зразка з додаванням 0,1% екстракту ЛЦ на 6,25% більша за пористість контрольного зразка та на 3,15% за зразок з додаванням 0,2% екстракту, що пов'язано з найбільшою висотою максимального розвитку тіста зразка з додаванням 0,1% екстракту ЛЦ.

Хліб, виготовлений з використанням екстракту ЛЦ, та контрольний зразок оцінювали за органолептичними показниками за п'ятибальною шкалою (рисунок 1).

Проведені дослідження показали, що додавання екстрактів ЛЦ з різними концентраціями не погіршує колір та форму хліба, стан та колір м'якушки. Всі зразки хліба мали гладку поверхню.

У разі збільшення концентрації екстракту ЛЦ у дослідних зразках дещо поліпшується забарвлення скоринки від світло-жовтого до золотисто-коричневого. Контрольний зразок мав світло-жовту скоринку. Найліпше забарвлення було зафіксованій у зразку з додаванням 0,1% екстракту ЛЦ (рис. 2). Хліб, виготовлений з додаванням екстракту ЛЦ, мав приємний специфічний аромат властивий хлібу. Більш виражений запах зразків хліба з екстрактом ЛЦ підтверджувався аналізом ароматичних речовин в хлібі (табл. 3), який показав збільшення вмісту бісульфіт-зв'язуючих сполук на 10,9 і 14,06% сполук при внесенні 0,1% і 0,2% екстрактів ЛЦ відповідно, в порівнянні з контролем. М'якушка була еластичною, не липкою. Пористість у контрольному зразку була рівномірною, дрібною. У дослідних зразках пористість зростає, що пов'язано з кращим бродінням тіста. Поліпшується структура пористості – вона рівномірна, середня. У порівнянні з дослідними зразками хліба, за всіма органолептичними показниками контрольний зразок отримав найнижчу дегустаційну оцінку.

Результати дослідження впливу екстракту ЛЦ на стисливість м'якушки пшеничного хліба при зберіганні, представлені на діаграмі (рис. 3).

Таблиця 3

Вплив екстракту ЛЦ на фізико-хімічні показники якості готових виробів

Найменування показників	Значення показників у зразках хліба		
	контроль	з 0,1%-ним екстрактом	з 0,2%-ним екстрактом
Вологість хліба, %	44,7±0,2	45,1±0,2	45±0,2
Кислотність хліба, град	3,2±0,1	3,5±0,1	3,8±0,1
Пористість, %	64±1	68±1	66±1
Вміст бісульфітзв'язуючих речовин, мг/100 г зразка	6,4±0,1	7,1±0,1	7,3±0,1



Рис. 1. Профілограма оцінки органолептичних показників зразків хліба

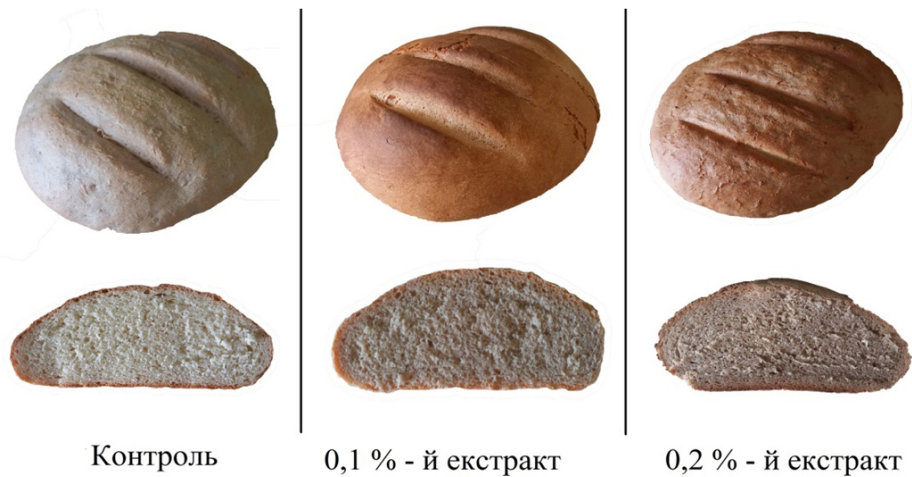


Рис. 2. Зовнішній вигляд формового хліба в розрізі

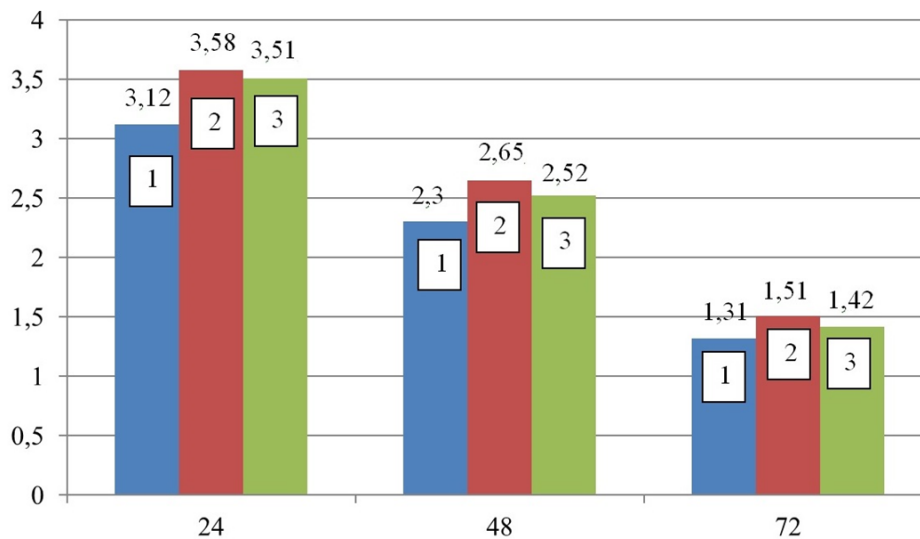


Рис. 3. Вплив екстракту ЛЦ на стисливість м'якуша пшеничного хліба при зберіганні: 1 – контроль; 2 – 0,1 %-ий екстракт ЛЦ; 3 – 0,2 %-ий екстракт ЛЦ

Показано, що величина пружної деформації м'якушки хліба з 0,1 і 0,2%-им екстрактом ЛЦ через 24 год зберігання більше на 14,47% і 12,5% в порівнянні з контролем, через 48 ч стисливість м'якушки дослідних зразків хліба більше на 15,21% і 9,56%, після 72 год – на 15,2% і 8,39%, відповідно. Це свідчить про позитивний вплив екстракту ЛЦ на збереження свіжості м'якушки при зберіганні і уповільненні черствіння готової продукції.

При додаванні 0,1 і 0,2% – го екстракту ЛЦ в рецептуру хліба маємо тенденції збільшення величини ЗВПФ та ЗАЄ в досліджуваних зразках (таблиця 4). Так, у зразку з додаванням 0,1%-го екстракту ЛЦ ЗВПФ збільшується в 1,3 та ЗАЄ в 1,36 разів, у зразку з додаванням 0,2 % ЗВПФ

в 1,6 та ЗАЄ в 1,7 разів. Додавання в рецептуру хліба екстракту ЛЦ збільшує антиоксидантний потенціал готового продукту, порівняно з контрольним зразком. Така тенденція спостерігається за рахунок вмісту поліфенолів екстракту ЛЦ.

Ступінь ураження патогенними бактеріями загальної поверхні зразків хліба з додаванням екстракту ЛЦ та контрольного зразку наведені в таблиці 5. Після 48 год зберігання в термостаті контрольний зразок хліба вже мав значні (34%) прояви хвороби: неприємний запах, вологу м'якушку. Зразки з додаванням 0,1 та 0,2%-го екстракту мали незначні ушкодження. Після 72 год. термування контроль був повністю уражений хворобою. Він мав неприємний запах, при розрізанні продукту шматки з'єднувались між собою

ЗАЄ та ЗВПФ досліджуваних зразків

Найменування показників	Значення показників у зразках хліба		
	контроль	з 0,1%-ним екстрактом	з 0,2%-ним екстрактом
ЗВПФ, ЕГК/г	4,98±0,02	6,46±0,02	8,04±0,02
ЗАЄ, ЕГК/г	0,31±0,1	0,42±0,1	0,54±0,1

Таблиця 5
Ступінь ураження зразків хліба патогенними бактеріями, %

Час термостування	Значення показників у зразках хліба		
	контроль	з 0,1%-ним екстрактом	з 0,2%-ним екстрактом
48 год	34	24	23
72 год	89	68	66

тягучими нитками. Зразок з додаванням 0,1%-го екстракту ЛЦ мав прояви захворювання такі як: неприємний запах та липку м'якушку. Найліпші показники мав зразок з додаванням 0,2%-го екстракту ЛЦ, ступінь ураження хворобами був менший, ніж у попередньому зразку.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Введення в рецептуру хліба екстракту ЛЦ не вимагає істотних змін в технологічному процесі і при цьому робить позитивний вплив на розвиток тіста, пористість, питомий об'єм і органолептичні властивості готових виробів, дозволяє довше зберегти свіжість і споживчі характеристики продукту. Таким чином, встановлено перспективність використання екстракту ЛЦ в якості інгредієнта в рецептурі хлібобулочних виробів для розширення асортименту продуктів. Подальші дослідження повинні бути присвячені вивченню впливу включення в рецептуру екстракту лушпиння цибулі, на якість інших видів хлібобулочних виробів.

ЛІТЕРАТУРА:

- Sharma K., Mahato N., Nile S. H., Lee E. T., Lee, Y. R. Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste. *Food & function*, 2016. 7(8), 3354–3369.
- Nile S. H., Nile A. S., Keum Y. S., Sharma, K. Utilization of quercetin and quercetin glycosides from onion (*Allium cepa* L.) solid waste as an antioxidant, urease and xanthine oxidase inhibitors. *Food chemistry*, 2017. 235, 119–126. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.043
- Сукманов В.А., Супрун А.В. Екстрагування біологічно активних речовин з лушпиння цибулі субкритичною водою в статичному режимі. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 29. No 2. P. 265–278.

4. Sukmanov V., Ukrainets A., Zavyalov V., Marynin, A. Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by subcritical water. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2017. (5 (11)), 70–80.

5. Czaja A., Czubaszek A., Wyspiańska D., Sokół-Łętowski, A., Kucharska A. Z. Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 2020. 55(4), 1725–1734. DOI: 10.1111/ijfs.14418

6. Masood S., Rehman, A. U., Bashir S., Imran M., Khalil P., Khursheed T., Javaid N. Proximate and sensory analysis of wheat bread supplemented with onion powder and onion Peel extract. *Bioscience research*. 2020. 17(4). 4071–4078.

7. Сукманов В.О., Супрун А.В. Визначення оптимальних параметрів тиску та фракції сировини екстрагування субкритичною водою лушпиння цибулі. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр.* Харків : ХДУХТ, 2021. 1(33). 31–42.

8. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.

9. Лапицька, Н. В., Губський, С. М., Олійник, С. Г., Самохвалова, О. В. Антиоксидантні властивості пшеничного та житнього хліба, збагаченого шротом плодів шипшини. *Зб. тез доп. Всеукр. Наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених. Чернігів: НУЧК імені Т. Г. Шевченка*, 2019. 112 с.

10. Полодюк В. С., Арсеньєва Л. Ю., Доценко В. Ф. Ефективність використання лецитину в хлібопеченні. *Наукові праці НУХТ*. 2004. Вип. 15. С. 35–38.

11. Пасічник І. О. Вплив хмельового екстракту з підвищеним вмістом загальних поліфенолів на якість хліба. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2014. № 7. С. 77–80.

12. ДСТУ 7517:2014. Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови. Київ: Національний стандарт України, 2010. 14 с.

REFERENCES:

- Sharma K., Mahato N., Nile S. H., Lee E. T., Lee, Y. R. Economical and environmentally-friendly

approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste. *Food & function*, 2016. 7(8), 3354–3369.

2. Nile S. H., Nile A. S., Keum Y. S., Sharma, K. Utilization of quercetin and quercetin glycosides from onion (*Allium cepa* L.) solid waste as an antioxidant, urease and xanthine oxidase inhibitors. *Food chemistry*, 2017. 235, 119–126. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.043

3. Sukmanov V. A., Suprun A. V. Ekstrahuvannia biolohichno aktyvnykh rehovyn z lushpynnia tsybuli subkrytychnoiu vodoiu v statychnomu rezhymi. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 29. No. 2. R. 265–278.

4. Sukmanov V., Ukrainets A., Zavyalov V., Marynin, A. Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by subcritical water. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2017. (5(11)), 70–80.

5. Czaja A., Czubaszek A., Wyspiańska D., Sokół-Łętowski, A., Kucharska A. Z. Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 2020. 55(4), 1725–1734. DOI: 10.1111/ijfs.14418

6. Masood S., Rehman, A. U., Bashir S., Imran M., Khalil P., Khursheed T., Javaid N. Proximate and sensory analysis of wheat bread supplemented with onion powder and onion Peel extract. *Bioscience research*. 2020. 17(4). 4071–4078.

7. Sukmanov V.O., Suprun A.V. Vyznachennia optymalnykh parametriv tysku ta fraktsii syrovyny ekstrahuvannia subkrytychnoiu vodoiu lushpynnia tsybuli. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr. Kharkiv : KhDUKhT, 2021. 1(33). 31–42

8. DSTU 7045:2009. Vyroby khlibobulochni. Metody vyznachennia fizyko-khimichnykh pokaznykiv. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. 14 s.

9. Lapytska, N. V., Hubsykyi, S. M., Oliinyk, S. H., Samokhvalova, O. V. Antyoksydantni vlastyvoli pshenychnoho ta zhytnoho khliba, zbahachenoho shrotom plodiv shypshyny. Zb. tez dop. Vseukr. Nauk. prakt. konf. studentiv, aspirantiv i molodykh uchenykh. Chernihiv : NUCCh imeni T. H. Shevchenka, 2019. 112 s.

10. Polodiuk V. S., Arsenieva L. Yu., Dotsenko V. F. Efektyvnist vykorystannia letsytynu v khlibopechenni. *Naukovi pratsi NUKhT*. 2004. Vyp. 15. S. 35–38.

11. Pasichnyk I. O. Vplyv khmelovoho ekstraktu z pidvyshchenym vmistom zahalnykh polifenoliv na yakist khliba. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia*. 2014. № 7. S. 77–80.

12. DSTU 7517:2014. Khlib iz pshenychnoho boroshna. Zahalni tekhnichni umovy. Kyiv : Natsionalnyi standart Ukrainy, 2010. 14 s.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2022

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 30

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. 6,32. Ум. друк. арк. 7,91. Зам. № 0622/223

Підписано до друку 20.05.2022 року. Наклад 300 прим.

Віддруковано в друк. видавництва Львівського торговельно-економічного університету
79005, м. Львів, вул. Туган-Барановського, 10. Тел. 244-40-19. e-mail drook@ukr.net
Свідоцтво Держкомітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України
серія ДК № 5149 від 15.07.2016 р.