

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 4



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 2 від 06.10.2023 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 4. 222 с.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Свідоцтво про державну реєстрацію: Серія КВ № 24810-14750ПР від 31.05.2021 року.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 29.06.2021 № 735 (додаток 4) журнал внесений до переліку фахових видань України категорії «Б» (спеціальності: 122 – Комп'ютерні науки та інформаційні технології; 124 – Системний аналіз; 181 – Харчові технології; 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології).

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

Редакційна колегія:

Дзюндзя О.В. – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **Гопеснко В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 004.415.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.1>

АРХІТЕКТУРА ТА ОСНОВНІ АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ СППР В УПРАВЛІННІ ПАРТНЕРСЬКИМИ ВІДНОСИНАМИ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Андрющенко Т. Ю. – старший викладач кафедри комп'ютерних систем та технологій

Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця

ORCID ID: 0000-0001-8620-5717

Дане дослідження вивчає архітектуру та надає огляд основних архітектурних рішень для системи підтримки прийняття рішень з управління партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств. Дослідження вивчає ключові аспекти цієї системи, включаючи її структуру, компоненти та функціональні можливості. В статті розглядається інтеграція різних модулів та підсистем у СППР з метою ефективного управління партнерськими відносинами, включаючи взаємодію з зацікавленими сторонами в галузі видавництва та поліграфії.

Архітектурні рішення, розглянуті в даній роботі, базуються на сучасних технологіях і мають на меті підвищити продуктивність та конкурентоспроможність видавничо-поліграфічних підприємств на ринку. Результати дослідження можуть бути корисними для фахівців з інформаційних технологій, менеджменту та галузевих експертів, які цікавляться оптимізацією управління партнерськими відносинами у видавничій та поліграфічній сфері.

Особлива увага приділяється аналізу взаємодії зовнішніх систем та стандартів, які можуть впливати на функціонування СППР в контексті видавничої та поліграфічної галузі. Подальше дослідження спрямоване на з'ясування можливостей інтеграції з іншими інформаційними системами, що підтримується управлінням партнерськими відносинами, і розглядає можливі шляхи оптимізації таких інтеграцій.

Загальний висновок роби вказує на значення архітектурних рішень у сфері управління партнерськими відносинами для підприємств у сфері видавництва та поліграфії. Ці рішення можуть покращити ефективність, якість та конкурентоспроможність компаній у цьому секторі, сприяючи спрощенню процесів управління та сприяючи досягненню більшого успіху на ринку.

Ключові слова: системи підтримки і прийняття рішень, СППР, управління партнерськими відносинами, видавничо-поліграфічне підприємство.

Andriushchenko T. Yu. Architecture and basic architectural solutions of DSS in the management of partnership relations of publishing and printing enterprises

This research explores the architecture and provides an overview of key architectural decisions for decision support systems in managing partner relationships for publishing and printing enterprises. The study delves into critical aspects of this system, including its structure, components, and functionalities. The article examines the integration of various modules and subsystems within the decision support system to effectively manage partner relationships, including interactions with stakeholders in the publishing and printing industry.

The architectural solutions discussed in this work are based on contemporary technologies and aim to enhance the productivity and competitiveness of publishing and printing enterprises in the market. The research findings can be valuable for IT professionals, management experts, and industry specialists interested in optimizing partner relationship management in the publishing and printing sector.

Special attention is given to the analysis of interactions with external systems and standards that may impact the functioning of the decision support system in the context of the publishing and printing industry. Further research is directed towards exploring integration possibilities with other information systems supported by partner relationship management and examining potential avenues for optimizing such integrations.

The overall conclusion of the article underscores the significance of architectural decisions in the realm of partner relationship management for enterprises in the publishing and printing sector. These decisions have the potential to improve efficiency, quality, and competitiveness for companies in this industry, streamlining management processes and contributing to greater success in the market.

Key words: *decision support systems, DSS, partner relationship management, publishing and printing enterprise.*

Вступ. Видавничо-поліграфічні підприємства активно впроваджують цифрові технології в свою діяльність. Управління партнерськими відносинами стає більш складним та інтегрованим процесом, який вимагає ефективних систем підтримки прийняття рішень (далі СППР) для оптимізації ресурсів та підвищення конкурентоспроможності. Ефективне управління партнерськими відносинами дозволяє підприємствам зберігати та розвивати свої стосунки з партнерами. Управління партнерськими відносинами вимагає ефективної аналітики та звітності для прийняття стратегічних рішень. Архітектура СППР може сприяти збору та обробці даних для цілей аналізу та вдосконалення стратегій. У світі, де дані стають все важливішим ресурсом, забезпечення безпеки та конфіденційності важливо для підприємств у цій галузі. Архітектурні рішення СППР мають включати заходи для захисту від несанкціонованого доступу до даних. Усі ці фактори роблять дослідження архітектури та архітектурних рішень СППР управління партнерськими відносинами важливим та актуальним для розвитку сучасних видавничо-поліграфічних підприємств. Тому тема дослідження архітектурних рішень СППР в управлінні партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств є досить актуальною.

Мета статті є підвищення ефективності та конкурентоспроможності видавничо-поліграфічних підприємств шляхом вдосконалення системи управління партнерськими відносинами через впровадження оптимальних архітектурних рішень у систему підтримки прийняття рішень в управлінні партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств.

Аналіз досліджень і публікацій. Як вітчизняні, так і закордонні вчені активно займаються дослідженням питань, пов'язаних з СППР з управління відносинами, архітектурою та створенням СППР. Науковці які займаються питаннями створення та архітектурою СППР, це Дячек О. Ю. [6], Дзись В. Г. [7], Мулеса, О. та Білак Ю. [8], Верес О. [3–4].

Для автоматизації процесу прийняття рішень актуальною є розробка такої СППР, яка включитиме в себе всі необхідні моделі і методи, а також бути гнучкою до внесення в неї структурних змін. Вдала інтеграція та поєднання методів і алгоритмів для розв'язання зазначених задач дозволить зробити створений програмний продукт автономним, а ОПР незалежною на всіх етапах прийняття управлінських рішень в умовах ризику і невизначеності [8].

Виклад основного матеріалу. СППР з управління партнерськими відносинами у видавничо-поліграфічних підприємствах спрямована на досягнення наступних цілей: оптимальний аналіз і керування партнерськими відносинами, оптимізація використання ресурсів та поліпшення результативності співпраці. Опис такої системи може включати такі ключові компоненти:

- інтегрована база даних: Система повинна мати єдиний централізований депозитар даних, який буде містити інформацію про партнерів, контакти, угоди, фінансову інформацію та інші важливі деталі. Це сприятиме забезпеченню єдності та послідовності даних для всіх функцій системи планування та управління партнерськими відносинами;

- модуль аналізу даних: Цей модуль буде відповідати за обробку, аналіз даних, пов'язаних з партнерськими відносинами. Він може включати в себе інструменти для створення звітів, аналізу тенденцій, прогнозування результатів співпраці та інші аналітичні можливості.

- модуль взаємодії з партнерами: Цей модуль сприятиме ефективному веденню реєстру контактів з партнерами, обміну інформацією, плануванню зустрічей та координації спільних проєктів. Він може включати інструменти для моніторингу комунікацій та забезпечення зв'язку з партнерами;

- модуль управління угодами: Для забезпечення ефективного контролю над угодами з партнерами необхідно мати модуль, який дозволить створювати, відстежувати та аналізувати угоди. В цей модуль може включатися функціонал для управління строками угод, розрахунками та генерацією фінансової звітності;

- модуль звітності та аналізу результатів: Система повинна забезпечувати можливість створення звітів, які відображатимуть результати співпраці з партнерами, проводити аналіз ключових показників та сприяти виявленню можливостей для покращення взаємодій;

- безпека та доступ: Забезпечення високого рівня захисту інформації та обмеження доступу до конфіденційних даних є аспектом критичної важливості. Система повинна включати в себе засоби для перевірки особистості користувачів, управління їхніми правами та шифрування даних;

- інтерфейс користувача: Створення зручного та легкозрозумілого інтерфейсу для користувачів є важливим фактором, який сприяє ефективній взаємодії з системою.

Поєднання усіх цих компонентів у структурі СППР може сприяти ефективному керуванню партнерськими відносинами у видавничо-поліграфічній галузі. Схему архітектури СППР для управління партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств представлено на рис. 1.

Зв'язки у системі СППР відображаються стрілками, які ілюструють напрямок обміну інформацією та взаємодії між різними складовими компонентами:

- Збір та аналіз даних: Для подальшого аналізу система збирає зовнішні дані про партнерів та внутрішні показники діяльності. Це включає в себе збір інформації про партнерів, таких як автори, дистриб'ютори та інші видавництва, а також

збір даних про внутрішню діяльність, таку як продажі, запаси і попит. Також проводиться аналіз ринкових тенденцій та конкурентної ситуації.

– Обробка та збереження даних: Отримані дані піддаються обробці та аналізу, і після цього зберігаються в системі для подальшого використання. Для зберігання і доступу до потрібної інформації використовуються системи зберігання даних, такі як бази даних. Також використовуються методи обробки даних, включаючи статистичний аналіз та машинне навчання.

– Візуалізація та звіти: Аналітичні дані та рекомендації можуть бути візуалізовані у вигляді графіків, діаграм та звітів, що полегшує їх сприйняття користувачами.

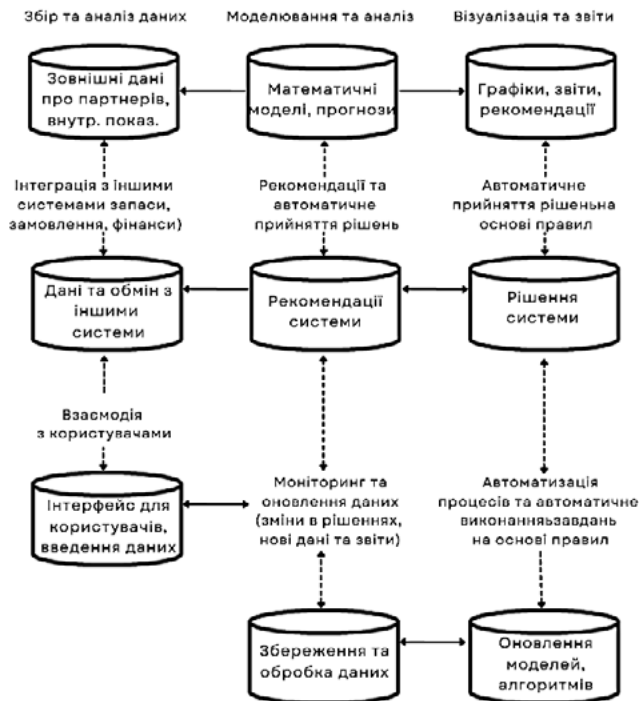


Рис. 1. СППР в управлінні партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств

Ключові показники передаються приймальникам рішень, які використовують моделювання та аналіз для ухвалення рішень:

– за допомогою оброблених даних, моделей та алгоритмів проводиться аналіз даних для передбачення та оцінки можливих варіантів рішень. Математичні моделі використовуються для прогнозування реакції партнерів на різні дії. Також проводиться аналіз ризиків та різних можливих сценаріїв рішень;

– рекомендації та автоматичне прийняття рішень. Надання рекомендацій та автоматичне ухвалення рішень. Аналітичні результати використовуються для створення рекомендацій, які можуть бути використані для автоматичного прийняття рішень, відповідно до попередньо встановлених правил. Генерація рекомендацій на основі аналізу даних та обчислень за допомогою моделей. Визначення можливостей для автоматичного ухвалення рішень на підставі заданих правил;

– моніторинг та оновлення. Система відстежує вплив рішень, які були ухвалені, на хід діяльності. Вона постійно оновлює дані і аналітичні моделі на підставі нової інформації. Здійснюється постійний моніторинг результатів та ефективності ухвалених рішень. Моделі та алгоритми оновлюються на основі нових даних і відгуків;

– взаємодія з користувачами. Користувачі спілкуються з системою через інтерфейс, вводячи вхідні дані та отримуючи рекомендації та результати аналізу. Цей інтерфейс призначений для взаємодії з користувачами системи, такими як менеджери та аналітики. Користувачі мають можливість встановлювати власні параметри та обмеження;

– автоматизація процесів. Згідно з установленими правилами, система може автоматично ухвалювати рішення або виконувати конкретні дії. Ця можливість означає автоматизоване виконання певних завдань та рішень на основі попередньо встановлених правил;

– збереження даних та оновлення моделей. Аналітичні висновки і рекомендації фіксуються та зберігаються, і можливість оновлення моделей існує на підставі нових даних.

Ця взаємодія між компонентами сприяє системі ефективно аналізувати інформацію та надавати користувачам цінні рекомендації для прийняття рішень у сфері управління партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств.

В роботі [4] запропоновано сучасні тенденції у вдосконаленні структури СППР ґрунтуються на використанні Інтернет-технологій. Звичайний підхід до архітектури таких систем вдосконалився завдяки впровадженню Web-порталу, і ця зміна набуває все більшої важливості. Можливість доступу до інформації за допомогою звичайного Web-браузера сприяє економії витрат, пов'язаних з придбанням і підтримкою настільних аналітичних програм для багатьох робочих місць. Запровадження Web-порталу дозволяє постачати аналітичну інформацію як користувачам усередині офісу, так і мобільним аналітикам у будь-якій точці світу, які підключені до порталу через Інтернет.

Сьогодні також перспективним є застосування об'єктно-орієнтованої парадигми до побудови концептуальної моделі СППР. Можливість багаторазового використання вважається ключем для досягнення продуктивності та якості програмного забезпечення. СППР – це системи, призначені для підвищення ефективності прийняття рішень, але інформаційні технології можуть мати суттєвий вплив на прийняття рішень при наявності методів, що надають можливість легко і швидко розробляти СППР. Процес розроблення СППР можна зробити ефективнішим, використовуючи предметно-орієнтовані компоненти багаторазового використання, що позитивно вплине на якість такої СППР. Для досягнення цих цілей особливим є внесок об'єктноорієнтованої парадигми. Враховуючи цілі СППР та особливості застосування об'єктно-орієнтованої парадигми для проектування, концептуальну модель СППР можна подати у вигляді архітектури з трьома рівнями, а саме: рівень семантики, презентації та рекомендації [3].

Вчені як в Україні, так і за кордоном активно займаються дослідженням питань, пов'язаних з аналізом, оцінюванням та підвищенням ефективності взаємодії підприємств зі зацікавленими сторонами.

В роботах таких авторів, як А. В. Завгородній [7], О. М. М'якило, О. В. Харьянен [9], S Greco, B. Matarazzo, R. Slowinski [1], Обнявко Т. С. [10] та інші. Оцінкою ефективності систем управління переймалися як вітчизняні так і закордонні

вчені, зокрема Й. С. Завадський, Ю. Н. Лапигін, Дж. К. Лафта, Ван Дж. Мауріком, Г. Р. Джонс і Чарльзом В. Л. Хілом та інші.

Впровадження СППР на ВПП для управління ПВ може мати значний позитивний вплив з наступних причин:

- підвищення ефективності комунікації: СППР дозволяє зібрати та обробити дані про партнерів, що сприяє кращому розумінню їхніх потреб та вимог. Це допомагає удосконалити комунікацію, а також прогнозувати реакції та потреби партнерів;

- оптимізація співпраці з партнерами: Завдяки аналітичним інструментам СППР, можна визначити оптимальні стратегії співпраці з різними партнерами. Це допомагає зосередитися на найвигідніших партнерствах та взаємовідносинах;

- покращення стратегій взаємодії: СППР допомагає аналізувати історію взаємодії з партнерами та визначити ефективність різних підходів. Це дозволяє розробити більш адаптовані стратегії взаємодії для кожного партнера;

- аналіз результатів: СППР надає можливість оцінити результати різних взаємодій з партнерами та визначити, які підходи та партнерства принесли більші вигоди. Це допомагає вдосконалювати стратегії та плани в майбутньому;

- вчасна реакція на зміни: СППР допомагає відстежувати зміни в потребах, попиті та умовах партнерів. Це дозволяє підприємству адаптувати свої стратегії та пропозиції вчасно, що сприяє збереженню конкурентної переваги;

- вдосконалення обслуговування: СППР може допомогти вдосконалити процес обслуговування партнерів, забезпечуючи краще розподілення ресурсів та розв'язання проблем швидше;

- покращення рішень: СППР надає аналітичний підхід до прийняття рішень щодо партнерських відносин, допомагаючи виявити потенційні ризики та можливості.

Всі ці фактори можуть сприяти покращенню ПВ, оптимізації взаємодії та підвищенню ефективності ВПП в управлінні ПВ.

Висновки. Підвищення ефективності та конкурентоспроможності видавничо-поліграфічних підприємств можна досягти шляхом вдосконалення системи управління партнерськими відносинами через впровадження оптимальних архітектурних рішень у систему підтримки прийняття рішень в управлінні партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Greco, S., Matarazzo B., Slowinski R. Rough sets methodology for sorting problems in presence of multiple attributes and criteria. *European Journal of Operational Research*. 2002. № 138. P. 247–259.

Божкова В. В. Удосконалення підходів до оцінювання економічної ефективності маркетингових заходів. *Маркетинг інновацій і інновації в маркетингу* : монографія / за ред. С. М. Ілляшенка. Суми : ВТД «Університетська книга», 2008. Розд. 11. С. 413–421.

2. Верес О. Види концептуальної моделі СППР. *Інформація, комунікація, суспільство 2013* : матеріали 2-ої Міжнародної наукової конференції ІКС-2013, 16–19 травня 2013 року, Україна, Львів, Славське / Національний університет «Львівська політехніка», Кафедра соціальних комунікацій та інформаційної діяльності, Кафедра інформаційних систем і мереж. Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2013. С. 188–189.

3. Верес О. Функції компонент концептуальної моделі системи підтримки прийняття рішень. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2011. № 694. С. 10–19.

4. Дзись В. Г. Автоматизована інформаційна система для апроксимації економічних показників. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 8. С. 31–37.
5. Дячек О. Ю., Бутков О. Р. Роль сучасних інформаційних систем та технологій у розвитку економіки країни. *Ефективна економіка*. 2019. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2019_5_38. (дата звернення: 19.09.2023).
6. Загородній А. Г. Управління взаємозв'язками підприємства зі споживачами продукції: [монографія]. Львів : ЗУКЦ, ПП НВФ БіАРП, 2008. 364 с.
7. Мулеса, О., Білак, Ю.. Підхід до проектування систем підтримки прийняття управлінських рішень в умовах ризику та невизначеності. *Automation of Technological and Business Processes*. 2021. 13(3), 30–34. URL: <https://doi.org/10.15673/atbp.v13i3.2146> (дата звернення: 20.09.2023).
8. М'якшило О. М., Харкянен О. В. Оцінка ефективності впровадження сховища даних для задач планування харчового підприємства. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами* : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, 27 лист. 2014 р. Київ : НУХТ, 2014. С. 212–213.
9. Обнявко Т. С. Методика підтримки прийняття рішень при закупівлях і проектуванні спеціальних засобів та обладнання. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. Випуск 8. частина 2. 2016. Ужгород. С. 33–39.

REFERENCES:

1. Greco, S., Matarazzo V., Slowinski R. (2002). Rough sets methodology for sorting problems in presence of multiple attributes and criteria. *European Journal of Operational Research*. № 138. R. 247–259 [in English].
2. Bozhkova V. V. (2008). Udoskonalennya pidkhodiv do otsinyuvannya ekonomichnoyi efektyvnosti marketynhovoykh zakhodiv. *Marketynh innovatsiy i innovatsiyi v marketynhu: monohrafiya / za. red. S. M. Ilyashenka*. Sumy : VTD «Universytet s'ka knyha», Rozd. 11. S. 413–421 [in Ukrainian].
3. Veres O. (2013). Vydny kontseptual'noyi modeli SPPR. *Informatsiya, komunikatsiya, suspil'stvo 2013* : materialy 2-oyi Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi IKS-2013, 16–19 travnya 2013 roku, Ukrayina, L'viv, Slavs'ke / Natsional'nyy universytet "L'vivs'ka politekhnikha", Kafedra sotsial'nykh komunikatsiy ta informatsiynoi diyal'nosti, Kafedra informatsiynykh system i merezh. L'viv : Vydavnytstvo L'vivs'koyi politekhniky. S. 188–189 [in Ukrainian].
4. Veres O. (2011). Funktsiyi komponent kontseptual'noyi modeli systemy pidtrymky pryynyattya rishen'. *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnikha"*. № 694. S. 10–19 [in Ukrainian].
5. Dzis' V. H. (2019). Avtomatyzavana informatsiyna systema dlya aproksymatsiyi ekonomichnykh pokaznykiv. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. № 8. С. 31–37 [in Ukrainian].
6. Dyachek O. YU., Butkov O. R. (2019). Rol' suchasnykh informatsiynykh system ta tekhnolohiy u rozvytku ekonomiky krayiny. *Ефективна економіка*. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2019_5_38. (дата звернення: 19.09.2023) [in Ukrainian].
7. Zahorodniy A. H. (2008). Upravlinnya vzayemozv'yazkamy pidpryyemstva zi spozhyvachamy produktsiyi: [monohrafiya]. L'viv : ZUKTS, PP NVF BIARP, 364 s. [in Ukrainian].
8. Mulesa, O., Bilak, YU. (2021). Pidkhid do proektuvannya system pidtrymky pryynyattya upravlins'kykh rishen' v umovakh ryzyku ta nevyznachenosti. *Automation of Technological and Business Processes*. 13(3), 30–34. URL: <https://doi.org/10.15673/atbp.v13i3.2146> (дата звернення: 20.09.2023) [in Ukrainian].
9. M'yakshylo O. M., Kharkyanen O. V. (2014). Otsinka efektyvnosti vprovadzheniya skhovyshcha danykh dlya zadach planuvannya kharchovoho pidpryyemstva. *Such-*

asni metody, informatsiyne, prohramne ta tekhnichne zabezpechennya system upravlinnya orhanizatsiyno-tekhnichnymy ta tekhnolohichnymy kompleksamy : materialy Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi, 27 lyst. 2014 r. Kyiv : NUKHT, S. 212–213 [in Ukrainian].

10. Obnyavko, T. S. (2016). *Metodyka pidtrymky pryynyattya rishen' pry zakupivlyakh i proektuvanni spetsial'nykh zasobiv ta obladnannya. Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo. Vypusk 8. chastyna 2. Uzhhorod : S. 33–39 [in Ukrainian].*

УДК 378.046

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.2>

КЛАСИФІКАЦІЇ МОДЕЛЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У КІБЕРБЕЗПЕЦІ

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції
Національного університету біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Бенедіко І. В. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0009-0009-5544-8391

Вічкарук А. І. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0009-0005-2531-3905

Лисенко К. В. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0009-0005-1625-9679

Сижко О. Ю. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0009-0004-8846-4041

В статті розглянуто взаємозв'язок між штучним інтелектом (ШІ) та кібербезпекою, аналізуючи важливі виклики та можливості, що виникають у зв'язку зі швидким розвитком цих двох сфер. У сучасному світі, де штучний інтелект стає все більш поширеним і використовується в різних галузях, кібербезпека стає одним з найважливіших аспектів забезпечення безпеки та захисту інформації. Стаття пояснює, що хоча ШІ може приносити значні переваги, він також створює нові загрози та ризики для кібербезпеки. В статті запропоновано комплексний огляд взаємозв'язку між цими двома сферами, зосереджуючись на викликах та можливостях, пов'язаних зі штучним інтелектом у контексті кібербезпеки. Вона ставить акцент на необхідності розробки ефективних заходів для захисту від загроз, що виникають у зв'язку зі штучним інтелектом, та наголошує на постійному вдосконаленні стратегій кібербезпеки для забезпечення безпеки та захисту інформації. У сучасному трактуванні системи штучного інтелекту – це системи машинного навчання, іноді це ще більше звужується до штучних нейронних мереж. Якщо ми говоримо про все ширше проникнення машинного навчання у різні сфери застосування інформаційних технологій, то, природно, що мають виникати перетини з кібербезпекою. Але проблема в тому, що такий перетин не може бути описаний якоюсь однією моделлю. Посвідчення Штучний інтелект та кібербезпека мають безліч різних аспектів застосування. Загальним є, природно, використання методів машинного навчання, але завдання, і навіть досягнуті нині результати, є різними. Наприклад, якщо застосування машинного навчання виявлення атак і вторгнень показує реальні досягнення проти застосовувалися раніше підходами, то атаки самі системи машинного навчання поки повністю перемагають можливі захисти. Класифікації моделей застосування машинного навчання у кібербезпеці і присвячена дана стаття.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, кібербезпека, кібератака, автоматизація.

Antonenko A. V., Benediko I. V., Vikarchuk A. I., Lysenko K. V., Syzhko O. Yu. Classifications of machine learning application models in cyber security

The article examines the relationship between artificial intelligence (AI) and cybersecurity, analyzing the important challenges and opportunities arising from the rapid development of these two fields. In today's world, where artificial intelligence is becoming more common and used in various industries, cyber security is becoming one of the most important aspects of information security and protection. The article explains that while AI can bring significant benefits, it also creates new threats and risks to cybersecurity. Overall, the article "Artificial Intelligence and Cybersecurity" offers a comprehensive overview of the relationship between these two fields, focusing on the challenges and opportunities associated with artificial intelligence in the context of cybersecurity. It emphasizes the need to develop effective measures to protect against threats arising from artificial intelligence and emphasizes the continuous improvement of cyber security strategies to ensure the security and protection of information. In the modern interpretation, artificial intelligence systems are machine learning systems, sometimes this is further narrowed down to artificial neural networks. If we are talking about the ever-widening penetration of machine learning into various areas of application of information technologies, then naturally there should be intersections with cyber security. But the problem is that such an intersection cannot be described by any one model. The combination of artificial intelligence and cyber security has many different application aspects. Common is, of course, the use of machine learning methods, but the tasks, and even the results achieved today, are different. For example, if the application of machine learning to detect attacks and intrusions shows real achievements against previously used approaches, then the attacks of the machine learning systems themselves completely defeat possible defenses. This article is devoted to the classification of machine learning application models in cyber security.

Key words: artificial intelligence, machine learning, cyber security, cyber attack, automation.

Вступ. Штучний інтелект сьогодні перевизначив те, як використовуються комп'ютери [1]. Штучний інтелект стає частиною повсякденного життя. Навіть такі абсолютно зрозумілі пристрої користувача, як мобільні телефони вже містять чіпи для штучного інтелекту (Pixel 6 від Google, iPhone). ШІ змінює те, як комп'ютери програмуються та як вони використовуються. Завдяки машинному навчанню програмісти більше не пишуть правил. Натомість вони створюють нейронну мережу, яка сама витягує ці правила у процесі навчання. Це інший спосіб мислення.

Постановка проблеми. Штучний інтелект (а на сьогоднішній день – це машинне навчання) всюди, комп'ютерна безпека повинна охоплювати всі процеси, відповідно, ці два поняття не могли не зустрітися. Саме взаємозв'язок штучного інтелекту та кібербезпеки і є темою цієї статті. Ці взаємозв'язки різні, рішення існують абсолютно різні, і рівень вирішення різних проблем також різний. Тема Штучний Інтелект і кібербезпека не може бути представлена як одне рішення (або навіть сукупність кількох рішень), оскільки вона описує різні завдання.

Метою дослідження є аналіз взаємозв'язку між штучним інтелектом та кібербезпекою з метою визначення важливості заходів забезпечення кібербезпеки у контексті розвитку штучного інтелекту.

Предметом дослідження є взаємозв'язок між штучним інтелектом та кібербезпекою, зокрема аналіз технологій штучного інтелекту, які впливають на кібербезпеку, і розгляд можливих загроз, які виникають у зв'язку з використанням штучного інтелекту.

Об'єктом дослідження є штучний інтелект та кібербезпека.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливості питань інформаційної безпеки нашої країни і формуванню механізму міжнародної кібербезпеки приділяли увагу численні науковці. Так, Безуглий Д.С. обґрунтував необхідність інформаційної безпеки як складової частини національної безпеки країни [1]. Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що певні аспекти вітчизняних проблем інформаційної безпеки у той чи інший спосіб досліджувались у наукових

працях Арістова І.В., Березовської І.Р., Дзьобаня О.П., Калюжного Р.А., Кормича Б.А., Ліпкана В.А., Марущак А.І., Цимбалюка В.С., Юдіна О.К. та інших.

Тему штучного інтелекту та кібербезпеки розглядається в таких джерелах, як "AI & Society" – науковий журнал, присвячений дослідженню взаємозв'язку між штучним інтелектом та суспільством; "Journal of Artificial Intelligence Research" – науковий журнал, що публікує оригінальні дослідження у галузі штучного інтелекту; "Conference on Neural Information Processing Systems" (NeurIPS) – одна з найбільш визначних конференцій у галузі штучного інтелекту; "ІТЕМ – Інформаційно-технологічний економіко-математичний журнал" – український науковий журнал, присвячений інформаційним технологіям; "Data Science UA" – український портал про аналіз даних та штучний інтелект, який містить статті про кібербезпеку; "Communications of the ACM" – журнал, що охоплює широкий спектр тем, пов'язаних з інформаційними технологіями, включаючи штучний інтелект та кібербезпеку; "IEEE Security & Privacy" – журнал, присвячений кібербезпеці та приватності, "Communications of the ACM" – журнал, що охоплює широкий спектр тем, пов'язаних з інформаційними технологіями, включаючи штучний інтелект та кібербезпеку); "The Global AI Index" – звіт, що оцінює глобальну ситуацію з розвитку штучного інтелекту та інновацій у цій галузі; "Cybersecurity Ventures" – аналітична компанія, що займається дослідженням та прогнозуванням трендів у сфері кібербезпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підвищення кібербезпеки за допомогою ШІ – це найбільш просунута на сьогоднішній день область. Цінність, яку привносить тут машинне навчання, полягає у визначенні атак, пошуку шаблонів та закономірностей, що відповідають вторгненням, швидкому аналізу та пріоритизації загроз, аналізу накопиченої інформації для адаптації методів виявлення вторгнення.

Перша відповідь на питання, навіщо тут ШІ, згідно [2], полягає у слові «автоматизація». Автор наводить американські дані Бюро статистики праці США про те, що можливості працевлаштування у сфері кібербезпеки зростуть на 33% з 2020 по 2030 рік, що у понад шість разів перевищує середній показник по країні. Навряд чи картина інших країн відрізняється від наведеної. При цьому, згідно з дослідженням ринку праці в частині кібербезпеки ISC, опублікованому в жовтні 2021 року, у всьому світі не вистачає 2.72 мільйона фахівців з кібербезпеки. Відповідно, альтернативи автоматизації вирішення завдань кібербезпеки просто немає.

Завдання кібербезпеки складаються з запобігання атакам, виявлення атак, проведення розслідувань, класифікації та аналізу загроз, а також навчання та моделювання систем кібербезпеки.

Запобігання атакам (профілактика) – це зусилля щодо зниження кількості вразливостей, що містяться в програмному забезпеченні. Типові приклади є, наприклад, в огляді, який описує системи машинного навчання, які виконують пошук шкідливих програм на Android.

У 2021 році Інститут AV-Test виявив понад 125 мільйонів нових шкідливих програм. Здатність методів машинного навчання узагальнювати минулі шаблони для виявлення нових варіантів шкідливих програм і є ключем до побудови системи захисту, що масштабується.

Можна відзначити, що пошук у Google Scholar робіт на запит "ML for malware detection" показує понад 20 000 статей.

Виявлення атак включає виявлення підозрілої поведінки та оповіщення про неї безпосередньо в міру її виникнення. Мета полягає в тому, щоб швидко реагувати

на атаки, включаючи визначення масштабу атаки, закриття входів для атакуючих та усунення вразливостей (бекдорів тощо), які міг експлуатувати зловмисник.

Очевидно, що пошук у загальному випадку невідомих шаблонів атак потенційно може призводити до великої кількості помилкових спрацьовувань (false positives) [3]. У літературі наголошується, що основна проблема при виявленні підозрілої активності якраз і полягає в тому, щоб знайти правильний баланс між забезпеченням достатнього охоплення за рахунок пошуку точних попереджень системи безпеки та кількості хибних спрацьовувань.

Можна виділити такі напрямки, що стосуються використання машинного навчання для попередження атак [2]:

- розстановка пріоритетів для попереджень про потенційні атаки;
- виявлення численних спроб злому з плином часу, які є частиною більших і тривалих кампаній зі злому;
- виявлення слідів дій шкідливих програм, як усередині комп'ютера, і у мережі;
- ідентифікація потоку шкідливого програмного забезпечення, що запроваджується через конкретну організацію. Це так звані Living off the Land (LotL) атаки – кібератаки, в яких атакуючий використовує легальне програмне забезпечення в організації для виконання атакуючих дій [4];
- визначення автоматизованих підходів до пом'якшення наслідків атак, коли потрібне швидке реагування, щоб запобігти поширенню атаки. Наприклад, автоматизована система може відключати мережне підключення та блокувати пристрій, якщо виявляється послідовність попереджень, яка, як відомо, пов'язана з діями програми-вимагача.

Розслідування та виправлення (відновлення після атак) – це методи, що використовуються після порушення безпеки, призначені для того, щоб надати клієнтам цілісне уявлення про порушення безпеки, включаючи ступінь порушення, список порушених пристроїв та даних, інформацію про поширення атаки та причини інциденту. У зв'язку з атаками використовується термін наступальний ШІ. Рис. 1 підсумовує напрями атак із використанням систем машинного навчання на матриці загроз MITRE.

Виділяються такі області атак із використанням ШІ: прогнозування, генерація, аналіз, пошук, ухвалення рішення.

Прогнозування – зробити деякий прогноз на основі даних, що раніше спостерігалися. Приклад атаки з використанням машинного навчання – ідентифікація натискання клавіш на смартфоні на основі руху (вібрації). Інші наведені приклади стосувалися передбачення чутливих даних для користувачів соціальних мереж (пошук слабкої ланки для атаки), пошуку вразливостей програмного забезпечення (рис. 1).

Генерація – створення контенту з використанням ШІ. Приклади такої генерації для наступальних цілей – фальсифікація медіа-даних, добір паролів, модифікацію трафіку. Останнє (в англійській літературі – traffic-space attacks) є, фактично, змагальною атакою на систему машинного навчання, яка використовується для аналізу трафіку (визначення вторгнень). Мета атаки – приховати реальне вторгнення. Діпфейки – ще один приклад наступального ШІ у цій категорії. Діпфейк – це правдоподібний медіафайл. Створюються вони з глибокого навчання. Технологія може бути використана для того, щоб видавати себе за жертву, імітуючи її голос або особу під час фішингової атаки.

Аналіз – це завдання аналізу чи вилучення корисної інформації з даних чи моделі. Дослідження атакваної моделі ML з метою визначення реальних факторів,

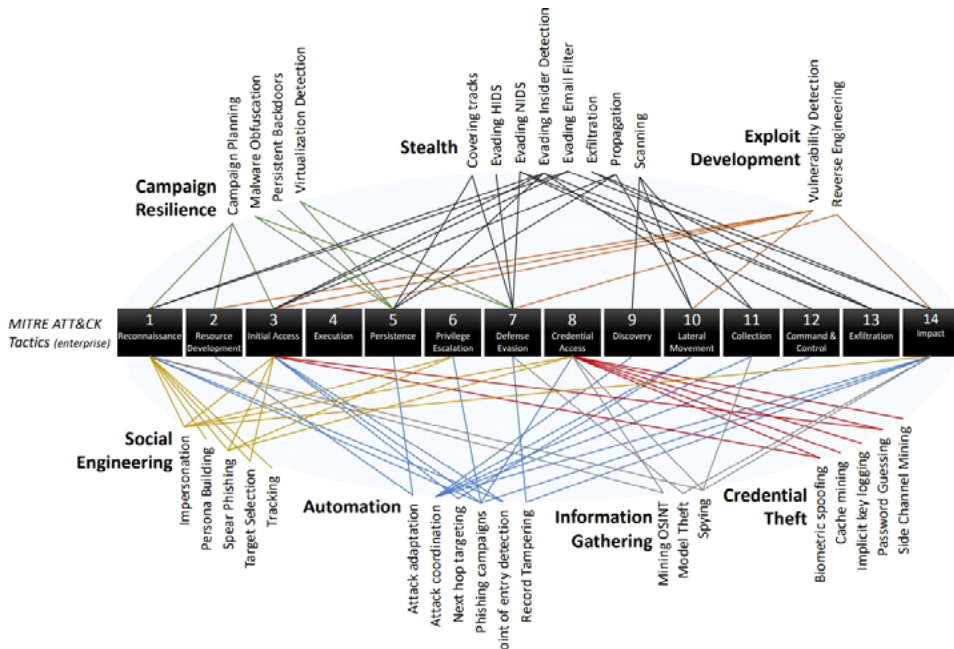


Рис. 1. Машинне навчання у кібератаках

що впливають, наприклад, на класифікацію. Мається на увазі використання пояснюючих підходів (LIME, SHAPLEY та ін.). Розуміння роботи атакованої моделі необхідне створення ефективних атак чи приховування вторгнень. Якщо модель, що атакується, недоступна, то такі експерименти можуть проводитися на її тіньовій копії;

Пошук – це завдання пошуку інформації або об'єктів для атаки за заданими критеріями. Наведені приклади – пошук (ідентифікація) людини за зображеннями на кількох зламаних камерах, пошук можливих інсайдерів з семантичного аналізу публікацій у соціальних мережах, анотування (реферування, сумаризація) документів при зборі даних із відкритих джерел (OSINT – відкрита розвідка) (останнє є приклад автоматизації).

Ухвалення рішення – це завдання розробки стратегічного плану чи координації операції (атаки). Приклади в ШІ – використання роєвого інтелекту для управління автономною мережею ботів та планування оптимальних атак на мережі [5]: Одна з найбільш успішно використовуваних систем автоматизації у наступальному ШІ – це боти у соціальних мережах. Інший приклад автоматизації наступальних процесів – автоматизований тест на проникнення (penetration test), використовує навчання з підкріпленням (рис. 2).

Машинне навчання використовується для атак на біометричні системи аутентифікації: підробка голосу тощо. Машинне навчання використовується і для генерації фішингових атак. Мета – обійти системи захисту, створити привабливіший контент і спонукати користувачів клікнути зловмісне посилання, встановити в системі програмне забезпечення і т.д. Приклади наступальних дій включають підбір паролів, заплутування вихідного коду програм, маскуванню трафіку, управління мережею роботів.

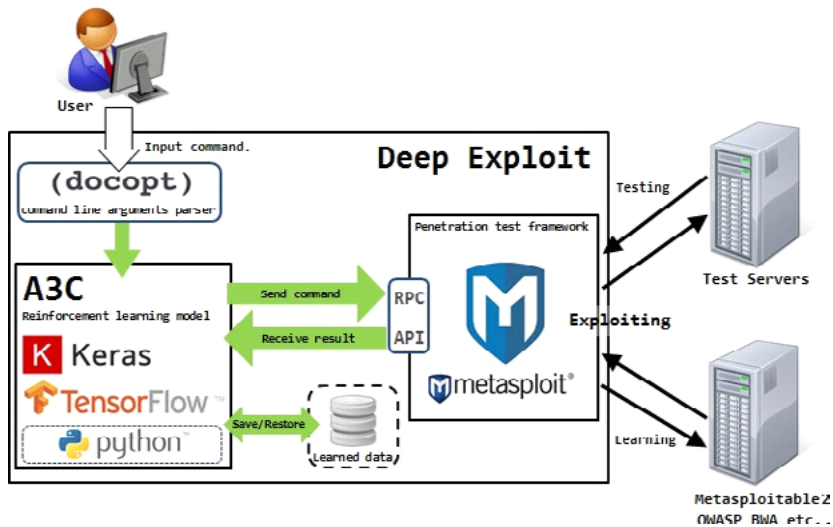


Рис. 2. Deep Exploit

Атаки на системи ІІІ досить нова область для комп'ютерної безпеки. Атаки можуть бути спрямовані на самі ІІІ системи (фактично – на системи машинного навчання). Будь-яка впроваджена система машинного навчання є, зрештою, програма. Але проблема полягає в тому, що для таких програм традиційні методи аналізу безпеки не застосовні. Проблеми з безпекою саме таких програм не можуть бути вирішені традиційними методами. Звичайно, скомпрометоване середовище виконання програми призводитиме до проблем. Але це не головне лихо [6].

Системи машинного навчання залежить від даних. На основі представлених тренувальних даних система виробляє деякі узагальнення, які потім використовуються для обробки реальних (тестових) даних. Так ось модифікації даних на різних етапах конвеєра машинного навчання і призводять до того, що такі системи можуть або не працювати, або навпаки, видавати потрібні атакуючому результати. При цьому спеціально модифіковані дані будуть, взагалі кажучи, такими ж, як і «чисті» дані. Загалом їх не можна буде розрізнити. Більше того, оскільки навчання завжди проводиться на деякому тренувальному наборі даних, генеральна сукупність залишається у загальному випадку невідомою. І «зміна» даних на етапі експлуатації може статися (і найчастіше трапляється) без будь-яких шкідливих дій. Просто тому, що так влаштовані дані. Атаками у разі називають саме спеціальну зміну даних чи спеціальну підстановку даних, у яких система працює неправильно (взагалі не працює). Загалом – це проблема стійкості систем машинного навчання. Цій проблемі зараз приділяється багато уваги, оскільки це основне, що перешкоджає використанню систем ІІІ у критичних додатках (авіоніка, ядерна безпека тощо).

Інша назва атак на системи машинного навчання – змагальні приклади. Таким чином, ворожі дії на системи можуть здійснюватися у формі традиційних уразливостей, а також за допомогою нової категорії: змагальних прикладів. Як приклади традиційних уразливостей можна вказати, наприклад, звіт про уразливості в програмному пакеті Tensorflow [7], що, природно, означає наявність уразливостей у системах, що використовують його. Дослідники з Нью-Йоркського університету виявили, що більшість середовищ ІІІ не перевіряють цілісність завантажених

моделей ШІ, на відміну від загальноприйнятої практики з традиційним програмним забезпеченням, де криптографічна перевірка файлів/бібліотек, що виконуються, є стандартною практикою вже більше десяти років. Громадські датсети можуть містити помилки в розмітці, що, природно, впливає на роботу навчених за їх допомогою систем [8].

Також атаки бувають цільові (наприклад, атакуючий хоче досягти певного результату від класифікатора) та нецільові (просто перешкодити правильній роботі класифікатора).

Модифікацію вхідних даних (за фактом найпоширеніший тип атаки) ще називають атаками ухилення. Крадіжка (IP stealing) включає отримання відомостей про модель (а це потрібно для організації атак) і так звані інверсні атаки, які спрямовані на відновлення лежать в основі приватних даних, використаних для навчання цільової системи.

Мікрософт [9] зазначає, що кількість таких атак зростає. Насамперед, це стосується, звісно, критичних застосувань. У роботі описуються зусилля США та Китаю щодо протидії системам ШІ один одного. Загалом, через відсутність повного захисту, такі атаки доводиться сприймати як певний універсальний ризик, пов'язаний із використанням систем машинного навчання. При цьому необхідно враховувати можливість здійснення атаки, так і практичну здійсненність таких атак.

Очевидно, що модифікувати вхідні дані можна практично завжди. Наприклад, так звані фізичні атаки (зміна форми подання), є одними з найбільш здійснених і небезпечних для систем розпізнавання. Простий приклад фізичної атаки – камуфляж (захисне забарвлення) [10]. Для організації атак ухиленням використовують як прості модифікації даних (наприклад, атака Salt & Pepper – додавання чорних та білих точок до зображення, так і спеціальні рішення з використання машинного навчання, наприклад, моделей, що породжують. Отруєння даних можна, очевидно, уникнути, якщо використовувати власні перевірені набори даних, уникати використання даних з невідомих джерел або перевіряти такі дані.

Крадіжка даних і моделі технічно пов'язані з аналізом безлічі відгуків атакованої системи спеціальним чином підготовлені вхідні дані. Якщо це рішення ML as a service, то способу опитувати систему може просто бути. Але якщо не можна опитувати саму модель, можна спробувати створити її копію (shadow model) і відпрацювати атаки на ній. Звідси впливає висновок у тому, що на відміну класичного програмного забезпечення, де самі алгоритми найчастіше відкриті, для систем машинного навчання деталі реалізації моделей у критичних областях повинні ховатися, оскільки такі знання дозволять побудувати тіньову модель (копію моделі) для відпрацювання атак.

Загалом атаки ухиленням (тобто модифікація вхідних даних) є головною практичною проблемою. На сьогоднішній день атаки в цій галузі випереджають захист. І це є основною перешкодою для впровадження систем машинного навчання в критичні програми. В окремих випадках (залежно від даних та розміру моделі) можна говорити про формальні докази стійкості систем машинного навчання [11]. В інших випадках підходи до формального доказу стикатимуться з трендом на збільшення параметрів сучасних мереж. У більшості випадків «захист» складається з включення модифікованих даних до тренувальних наборів та обліку таким чином можливих модифікацій даних за рахунок точності системи. Питання, що це не всі можливі модифікації, як правило, ігнорується.

Як було зазначено вище, основний напрям робіт тут – це створення стійких систем (моделей) машинного навчання. З практичної точки зору, для розробки

систем машинного навчання для критичних застосувань необхідні так звані довірені середовища розробки, які гарантують відсутність компрометації інструментальних засобів та представляють інструменти для підвищення довіри до результатів роботи систем.

Слід зазначити, що проблеми із захистом систем ШІ повністю усвідомлюються, як у промисловому, і у індустріальному співтоваристві. Є широко відомий каталог MITRE, що підтримується Мікрософт та іншими організаціями, в якому збирається інформація щодо атак на системи ШІ. Зокрема, у ньому є так звана матриця загроз Adversarial ML для каталогізації загроз для ШІ систем. Для інженерів та політиків Microsoft у співпраці з Центром Беркмана Кляйна у Гарвардському університеті випустила таксономію режимів збоїв машинного навчання. DARPA пропонує безкоштовні ресурси з метою оцінки безпеки систем машинного навчання. Мікрософт пропонує свій продукт з відкритим кодом Counterfit, як інструмент оцінки безпеки систем ШІ. Міністерство оборони США включило безпеку систем ШІ до свого списку основних принципів побудови ШІ. Американський інститут стандартів NIST працює над схемою оцінки ризиків ШІ, спрямованої на вирішення безлічі аспектів систем ШІ, включаючи надійність та безпеку [12].

Досягнення в галузі машинного навчання та комп'ютерної графіки розширили можливості державних та недержавних суб'єктів з виробництва та розповсюдження високоякісного аудіовізуального контенту, званого синтетичними медіа та дипфейками. Технології штучного інтелекту для створення дипфейків тепер можуть створювати контент, який не відрізняється від реальних людей, сцен та подій. Такий контент може реально загрожувати національній безпеці. Розширення можливостей генеративних методів штучного інтелекту для синтезу різних сигналів, включаючи високоякісні аудіовізуальні зображення, має значення для кібербезпеки. При персоналізації використання ШІ для створення дипфейків може підвищити ефективність операцій соціальної інженерії (програма видає себе за деяку реальну особу) та переконати, наприклад, кінцевих користувачів надати зловмисникам доступ до систем та інформації [13].

У більш широкому масштабі генеруюча міць методів штучного інтелекту та синтетичних середовищ має важливі наслідки для оборони та національної безпеки. Ці методи можуть використовуватись противниками для створення правдоподібних заяв світових лідерів та командувачів, для фабрикації переконливих операцій під хибним прапором та створення фальшивих новин [14]. Дослідження університету Georgia Tech показує, що поширення синтетичних медіа мало ще один тривожний ефект: зловмисні суб'єкти назвали реальні події «фальшивими», скориставшись новими формами заперечення, які приходять із втратою довіри в епоху дипфейків. Відео- та фото-докази, наприклад, зображення звірств, називають фейком. Поширення синтетичних ЗМІ, відоме як «дивіденд брехуна», спонукає людей називати справжні ЗМІ «фальшивими» і створює правдоподібне заперечення їхніх дій. У презентації Мікрософт [2] зазначається, що можна очікувати, що синтетичні медіа та області їх застосування будуть згодом ставати все більш витонченими, включаючи переконливе чергування дипфейків з подіями у світі, що реально відбуваються, і синтез дипфейків у реальному часі. Генерація в реальному часі можна використовувати для створення переконливих інтерактивних самозванців (наприклад, що з'являються на телеконференціях і керуються людиною-контролером), які, здається, мають природну позу голови, вираз обличчя та висловлювання. Зазначимо, що нам, можливо, доведеться зіткнутися з проблемою штучно створених людей, які можуть автономно брати участь у переконливих

розмовах в реальному часі з аудіо та візуальних каналів. Природно, що за таких умов визначення дипфейків стає дуже актуальним завданням.

Приклад – програма DARPA Semantic Forensics (SemaFor) [15]. Програма SemaFor спрямована на розробку інноваційних семантичних технологій для аналізу медіа. Ці технології включають алгоритми семантичного виявлення, які визначають, були створені мультимодальні медіаактиви або ними маніпулювали. Алгоритми атрибуції зроблять висновок, чи мультимодальне медіа виходить від конкретної організації або окремої особи. Алгоритми характеристики будуть міркувати про те, чи були створені мультимодальні медіа чи ними маніпулювали в зловмисних цілях. Ці технології SemaFor допоможуть виявляти, стримувати та розуміти кампанії супротивника з дезінформації.

Інша програма – DARPA MediaForensics (MediaFor) [16]. Презентація визначає Media Forensic як наукове дослідження в галузі збору, аналізу, інтерпретації, та подання аудіо-, відео- та графічних доказів, отриманих у ході розслідування та судового розгляду. Поставлена мета – розробити технології автоматизованої оцінки цілісності зображення чи відео (рис. 3).

Media Forensic Challenge Evaluation Infrastructure

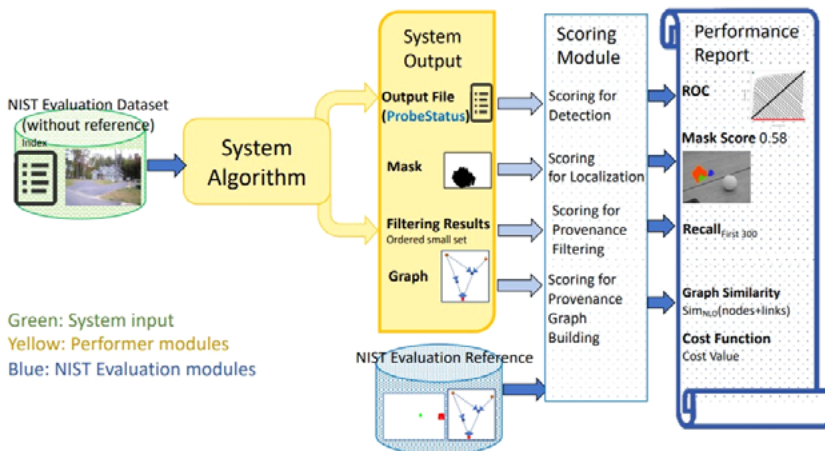


Рис. 3. Оцінка цілісності контенту

Мікрософт у презентації [2] вважає перспективним підхід до протидії загрози синтетичних носіїв на основі технології походження цифрового контенту. Походження цифрового контенту використовує криптографію та технології баз даних для підтвердження джерела та історії змін (походження) будь-яких цифрових носіїв. Це пов'язано з тим, що у довгостроковій перспективі ні люди, ні методи ШІ не зможуть надійно відрізнити факти від вигадок, створених ШІ, і, відповідно, ми повинні терміново підготуватися до очікуваної траєкторії все більш реалістичних та переконливих дипфейків. У частині створення технологій сертифікації аудіо-візуального контенту з'явилися міжгалузеві партнерства Project Origin, Content Authenticity Initiative (CAI) та Coalition to Content Provenance and Authenticity (C2PA).

У січні 2022 року C2PA випустила специфікацію стандарту, що забезпечує сумісність систем походження цифрового контенту [17]. Це дозволяє випускати

комерційні інструменти виробництва контенту відповідно до стандарту C2PA, які дозволятимуть авторам та мовникам повідомляти глядачів про вихідне джерело та історію редагування фото- та аудіовізуальних матеріалів. У заключному звіті NSCAI рекомендується використовувати технології походження цифрового контенту, щоб пом'якшити проблему синтетичних медіа. У Конгресі США двопартійний Закон про цільову групу з дипфейків пропонує створити Національну цільову групу з дипфейків та цифрового походження. Технології блокчейн пропонується використовувати для підтвердження авторства медіа даних [18].

Висновки. У праці розглянуто галузі перетину кібербезпеки та штучного інтелекту (машинного навчання). Ці області включають атаки з використання штучного інтелекту, захист від атак з використанням штучного інтелекту, захист самих систем машинного навчання і виробництво контенту за допомогою систем машинного навчання. Необхідно відзначити, що здатності систем машинного навчання поки дозволяють домагатися кращих результатів ніж використання дискримінантних моделей, де змагальні атаки залишаються невирішеною проблемою. Системи штучного інтелекту демонструють вражаючі здібності по створенню контенту, що на рівні кібербезпеки відбивається у здатності створювати невизнані дипфейки, тому єдиним реальним способом боротьби тут є сертифікація (підтвердження походження) контенту. У сфері кібербезпеки самих систем штучного інтелекту атаки поки що також домінують над захистом. Деяким (слабким і тимчасовим) «захистом» тут поки що є те, що кількість реально здійснених атак менша за кількість потенційно можливих. У цій галузі також зосереджено найбільшу кількість досліджень. У сфері організації та управління атаками роль штучного інтелекту полягає в розумній автоматизації процесу. У частині використання машинного навчання для детектування атак є набагато більше успіхів, порівняно з іншими областями. Тут працюють механізми нейронних мереж з пошуку та виявлення шаблонів у даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kouliaridis, Vasileios, and Georgios Kambourakis. A comprehensive survey on machine learning techniques for android malware detection. Information 12.5.2021.
2. Yuan, Zhenlong, et al. Droid-sec: deep learning in android malware detection. Proceedings of the 2014 ACM conference on SIGCOMM. 2014.
3. Vinayakumar, R., et al. Robust intelligent malware detection using deep learning. IEEE Access 7. 2019.
4. Tajaddodianfar, Farid, Jack W. Stokes, and Arun Gururajan. Texception: a character/word-level deep learning model for phishing URL detection. ICASSP 2020–2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE. 2020.
5. Basnet, Ram, Srinivas Mukkamala, and Andrew H. Sung. Detection of phishing attacks: A machine learning approach. Soft computing applications in industry. Springer, Berlin, Heidelberg. 2008.
6. Divakaran, Dinil Mon, and Adam Oest. Phishing Detection Leveraging Machine Learning and Deep Learning: A Review. arXiv preprint arXiv:2205.07411. 2022.
7. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022.
8. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*, (1). 2023,

9. Новіченко Є.О. Актуальні засади створення алгоритмів обробки інформації для логістичних центрів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (1). 2023.
10. Зайцев Є.О. Smart засоби визначення аварійних станів у розподільних електричних мережах міст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5). 2022.
11. Shenfield, Alex, David Day, and Aladdin Ayes. Intelligent intrusion detection systems using artificial neural networks. *Ict Express* 4.2. 2018.
12. Mishra, Preeti, et al. A detailed investigation and analysis of using machine learning techniques for intrusion detection. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 21.1. 2018.
13. Alsaheel, Abdullellah, et al. {ATLAS}: A sequence-based learning approach for attack investigation. 30th USENIX Security Symposium (USENIX Security 21). 2021.
14. Ongun, Talha, et al. Living-Off-The-Land Command Detection Using Active Learning. 24th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses. 2021.
15. Kok, S., et al. Ransomware, threat and detection techniques: A review. *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur* 19.2. 2019.
16. Wu, Yirui, Dabao Wei, and Jun Feng. Network attacks detection methods based on deep learning techniques: a survey. *Security and Communication Networks*. 2020.
17. Xin, Yang, et al. Machine learning and deep learning methods for cybersecurity. *IEEE Access* 6.2018.
18. Noor, Umara, et al. A machine learning framework for investigating data breaches based on semantic analysis of adversary's attack patterns in threat intelligence repositories. *Future Generation Computer Systems* 95. 2019.

REFERENCES:

1. Kouliaridis, Vasileios, and Georgios Kambourakis. A comprehensive survey on machine learning techniques for android malware detection. *Information* 12.5. 2021. [in English].
2. Yuan, Zhenlong, et al. (2014) Droid-sec: deep learning in android malware detection. *Proceedings of the 2014 ACM conference on SIGCOMM*. [in English].
3. Vinayakumar, R., et al. (2019) Robust intelligent malware detection using deep learning. *IEEE Access* 7. [in English].
4. Tajaddodianfar, Farid, Jack W. Stokes, and Arun Gururajan (2020) Texception: a character/word-level deep learning model for phishing URL detection. *ICASSP 2020–2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. IEEE.
5. Basnet, Ram, Srinivas Mukkamala, and Andrew H. Sung. (2008) *Detection of phishing attacks: A machine learning approach*. Soft computing applications in industry. Springer, Berlin, Heidelberg. [in English].
6. Divakaran, Dinil Mon, and Adam Oest. *Phishing Detection Leveraging Machine Learning and Deep Learning: A Review*. arXiv preprint arXiv:2205.07411. 2022. [in English].
7. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. (2022) Efektyvnist funktsionuvannia kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (6) [in Ukrainian].
8. Tsyk O.S. (2023) Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*, (1) [in Ukrainian].
9. Novichenko Ye.O. (2023) Aktualni zasady stvorennia alhorytmiv obrobky informatsii dlia lohistychnykh tsentriv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (1) [in Ukrainian].

10. Zaitsev Ye.O. (2022) Smart zasoby vyznachennia avariinykh staniv u rozpodilnykh elektrychnykh merezhakh mist. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (5) [in Ukrainian].
 11. Shenfield, Alex, David Day, and Aladdin Ayesh. (2018) Intelligent intrusion detection systems using artificial neural networks. *Ict Express* 4.2. [in English].
 12. Mishra, Preeti, et al. (2018) A detailed investigation and analysis of using machine learning techniques for intrusion detection. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 21.1. [in English].
 13. Alsaheel, Abdullellah, et al. (2021) {ATLAS}: A sequence-based learning approach for attack investigation. *30th USENIX Security Symposium (USENIX Security 21)*. [in English].
 14. Ongun, Talha, et al. (2021) Living-Off-The-Land Command Detection Using Active Learning. *24th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses*. [in English].
 15. Kok, S., et al. (2019) Ransomware, threat and detection techniques: A review. *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur* 19.2. [in English].
 16. Wu, Yirui, Dabao Wei, and Jun Feng. (2020) Network attacks detection methods based on deep learning techniques: a survey. *Security and Communication Networks*. [in English].
 17. Xin, Yang, et al. (2018) Machine learning and deep learning methods for cyber-security. *IEEE Access* 6. [in English].
 18. Noor, Umara, et al. (2019) A machine learning framework for investigating data breaches based on semantic analysis of adversary's attack patterns in threat intelligence repositories. *Future Generation Computer Systems* 95. [in English].
-

УДК 378.046

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.3>

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗБОРУ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції
Національного університету біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Бондаренко Є. С. – магістр
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0009-0009-5748-4038

Каньшин К. В. – магістр
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0009-0007-1944-6554

Степанчук В. І. – магістр
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0009-0004-1214-5319

Ланевський Л. А. – магістр
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0009-0007-0455-9089

Системи підтримки прийняття рішень є розвитком комп'ютерних систем підтримки ухвалення управлінських рішень (СППР) з допомогою застосування принципу проактивних обчислень, тобто. перенесення дій людини на більш високий рівень управління та використання алгоритмів інтелектуальної обробки даних та машинного навчання. Прийняття попереджувальних рішень може призвести до економії коштів при управлінні процесами, зокрема, управління транспортною інфраструктурою на основі аналізу великих обсягів різномірних даних. У концепції проактивних систем лежить схема: виявити, спрогнозувати, ухвалити рішення, діяти й принципи побудови СППР з урахуванням обробки подій. При реалізації керування транспортною інфраструктурою критичним завданням є завдання ефективної обробки різних даних, що одержуються з різних джерел. Якість та своєчасність даних впливає на оперативність та результативність прийняття рішень. У сучасній дискусії є питання про розробку підходів ефективного збору та обробки даних, пошуку нових способів зберігання та попереднього аналізу. Експонентне зростання обсягу даних та збільшення мережної смуги пропускання, що надається для передачі даних, відкриває нові можливості управління транспортною інфраструктурою, але при цьому виникають проблеми ефективної обробки даних. У статті подано класифікацію даних за різними критеріями. Виділено такі типи даних, що використовуються в проактивних системах підтримки прийняття рішень: машинні дані сенсорного типу (*sensors data*), подієві дані (*log data*), візуальні дані – зображення або відео, текстові дані (*textual data*), дані соціальних мереж (*social data*) георозподілені дані (*geospatial data*). Виконано аналіз особливостей та проблем збору та злиття різномірних даних у проактивних системах підтримки прийняття управлінських рішень. Виділено такі особливості: необхідність визначення форматів даних, необхідність забезпечення якості даних; необхідність мінімізації участі людини у процесі збирання різномірних даних; забезпечення збору даних у реальному часі.

Ключові слова: дані, контроль, збір, база даних, програмне забезпечення, управління, метод, джерело.

Antonenko A. V., Bondarenko E. S., Kanshyn K. V., Stepanchuk V. I., Lanevskyi L. A. Classification and features of data collection in administrative decision support systems

Decision support systems are the development of computer management decision support systems (DDS) using the principle of proactive computing, i.e. transferring human actions to a higher level of management and using algorithms of intelligent data processing and machine learning. Taking preventive decisions can lead to cost savings in the management of processes, in particular, the management of transport infrastructure based on the analysis of large volumes of heterogeneous data. In the concept of proactive systems, there is a scheme: detect, predict, make decisions, act, and the principles of building an EMS, taking into account the processing of events. When implementing transport infrastructure management, a critical task is the task of efficient processing of various data received from various sources. The quality and timeliness of data affects the efficiency and effectiveness of decision-making. In the modern discussion there is the issue of developing approaches to effective data collection and processing, finding new ways of storage and preliminary analysis. The exponential growth of the volume of data and the increase of the network bandwidth provided for data transmission opens up new opportunities for managing the transport infrastructure, but at the same time there are problems of efficient data processing. The statistics provide a classification of data based on various criteria. We have seen the following types of data that are analyzed in proactive systems to support decision making: sensors data, log data, visual data – images or videos, textual data, social data alnikh merezh (social data) geospatial data. We have analyzed the features and problems of collecting and collecting various data from proactive systems to support the adoption of management decisions. The following features were observed: the need for special data formats, the need to ensure data consistency; the need to minimize human participation in the process of collecting diverse data; ensuring the collection of data in real time.

Key words: data, control, collection, database, software, management, method, source.

Вступ. Останнім часом стрімко розвивається якість та продуктивність інформаційних технологій, що дозволяють використовувати обчислювальні ресурси більш ефективно. Зі збільшенням пропускної спроможності комп'ютерних мереж передачі даних стало можливим побудова систем контролю та зберігання, що охоплюють не лише збір первинної інформації різного роду даних, одержуваних з віддалених серверів, а й від користувальницького устаткування. Це веде до необхідності перегляду вимог до вторинної інформації про стан ІС та подальшу обробку отриманих даних різномірних систем безперервного моніторингу з метою їх інтеграції в єдину систему [1–4].

Постановка проблеми. Для вирішення завдань керування транспортною інфраструктурою необхідно вирішити питання збирання, зберігання та забезпечення ефективного (універсального доступу) до різноманітних даних великого обсягу. Найважливішим фактором тут є час доступу до різноманітних даних у процедурах прийняття рішень. Тому доцільно, в першу чергу, виконати аналіз класифікації даних за різними критеріями, а також проаналізувати особливості і проблем збору/злиття різномірних даних у системах підтримки прийняття управлінських рішень.

Метою роботи є підвищення швидкість доступу до даних у процесі прийняття рішень управління транспортної інфраструктури.

Об'єкт дослідження – процес збирання та обробки даних.

Предмет дослідження – методи збирання та обробки різномірних даних у системах керування транспортною інфраструктурою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у вирішення фундаментальних питань збору різномірних даних у системах підтримки прийняття управлінських рішень, а саме дослідженням методів та технологій підтримки прийняття рішень, у тому числі й для інтелектуального керування інфраструктурою, займалися Давид Тенненхаус, Вонт Р. Вивченням питань збирання та злиття різномірних даних у системах підтримки прийняття рішень займалися такі вчені, як:

Bahador Khaleghi, Alaa Khamis, Fakhreddine O. Karray, David L. Hall, James Llinas, Sarvesh Rawat, Surabhi Rawat, Ivan Miguel Pires, Nuno M. Garcia, R. Joshi [1–11].

Виклад основного матеріалу дослідження. У комп'ютерних системах будь-яка інформація, подана у допустимій для комп'ютера формі – тексти, малюнки, музика та ін – вважаються даними.

Дані можуть бути різнорідними, які зібрані з різних джерел, таких як веб-додатки, датчики, сенсори, банківські транзакції і т.д.

У системах підтримки прийняття рішення завдання ускладнює різнорідність даних. На основі аналізу літератури та реальних бізнес-процесів виділено наступну класифікацію типів даних, що використовуються в обробці за проактивної підтримки прийняття рішень. Машинні дані сенсорного типу (sensors data), як правило, кількісні дані, одержувані внаслідок вимірювання характеристик цільової системи [12]. Подієві дані (log data), дані, що фіксують дію, подію або стан об'єкта в певний момент часу. В окремому випадку подієві дані є інтерпретацією людиною інших типів даних та результатом формування запису в журнал. Візуальні дані – зображення або відео, на яких фіксується поведінка цільової системи або систем в операційному оточенні, що прямо або непрямо характеризують стан системи [13]. Текстові дані (textual data) – неструктуровані дані, які є повідомлення природною мовою і є, як правило, інтерпретацією проблемних ситуацій чи переваг користувачів. Дані соціальних мереж (social data) – неструктуровані дані, що являють собою сукупність текстових даних, виразів («лайки», «репости»), що характеризують паттерни поведінки особи, яка приймає рішення. Георозподілені дані (geospatial data) – дані про події, які як основні атрибути та атрибути тимчасової мітки мають дві географічні координати (широту і довготу). У роботі [14] було представлено георозподілені дані, що обробляються у створенні системи управління містами. На рис. 1 наведено приклад візуалізації георозподілених даних.

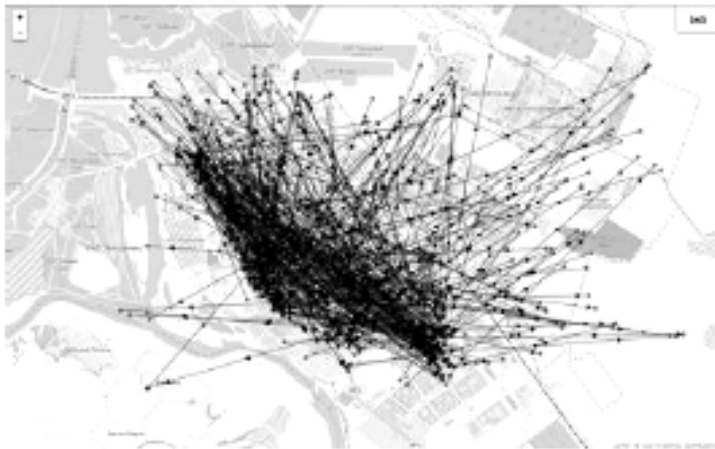


Рис. 1. Приклад візуалізації георозподілених даних

За способом розташування джерел даних слід говорити про зосереджені дані (одне централізоване джерело), територіально-розподілені джерела. Напрямок досліджень, що займається збором та обробкою даних, отримав назву злиття даних (data fusion).

В результаті аналізу робіт [15; 16] була побудована класифікація даних за різними критеріями, що використовуються в обробці за проактивної підтримки прийняття рішень. Розроблена класифікація представлена на рис. 2.

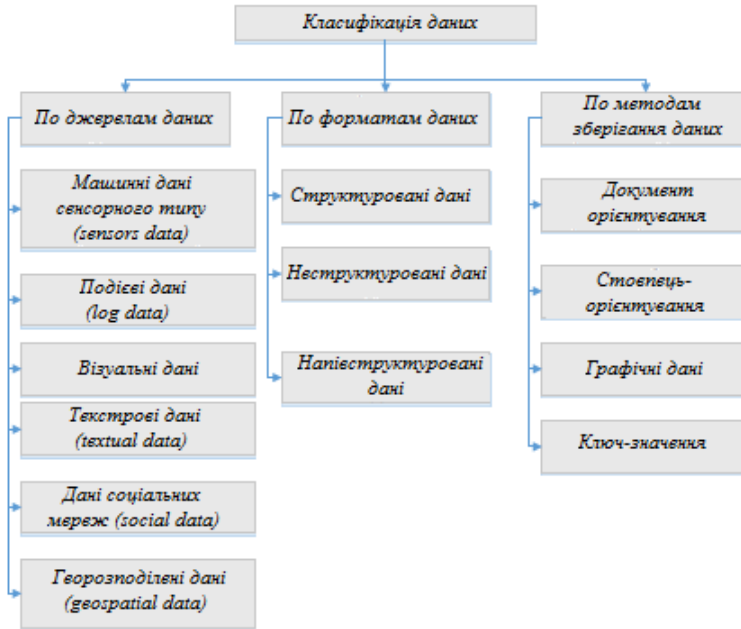


Рис. 2. Класифікація даних

Залежно від структури даних, дані можуть бути поділені на 3 основні класи: структуровані, неструктуровані та напівструктуровані. Структуровані дані часто зберігаються у базах даних, у яких вони вже доступні та оброблені у формі з фіксованим форматом. Цей формат зазвичай відомий заздалегідь. В іншому випадку, неструктуровані дані є даними невідомої структури. Ця форма даних характеризується рядом складнощів для обробки та вилучення корисної інформації. Типові приклади неструктурованих даних – гетерогенне джерело, що містить комбінацію простих текстових файлів, картинок, або відео, отримані з камер на дорогах для відстеження транспортних засобів. Напівструктуровані дані містять описані властивості структурованих та неструктурованих. Ці дані не визначаються у базах даних, а у файлах формату XML, JSON.

Як правило, збільшення кількості джерел даних призводить до збільшення обсягу даних.

У зв'язку з цим виникло поняття «великі дані». Відповідно до Gartner, великі дані характеризуються обсягом, швидкістю надходження, різноманітністю та мінливості.

Актуальність проблем збору та злиття різного роду даних обумовлена обов'язковими вимогами, що висуваються під час реалізації будь-якої системи прогнозованої аналітики або системи підтримки прийняття рішень. Підходи, що вирішують подібні завдання, виділені в область досліджень під назвою «змішування та інтеграція даних» (неусталений термін від англійської Information Fusion), в рамках якої пропонуються методи консолідації даних для подальшого зберігання та обробки.

Особливості та проблеми збору даних з різнорідних джерел. При реалізації систем прогнозу аналітики чи проактивної системи підтримки прийняття рішень (ППР) має бути застосована система збирання та консолідації даних. У системах ППР дані можуть бути різнорідними, такими як текстові, лог-файли, медіа-дані і та інші. Ці дані можуть бути зібрані з різних джерел: зі зв'язаних баз даних і джерел для досягнення вищої точності і конкретніших висновків, ніж це може бути досягнуто за рахунок використання тільки однієї системи збору даних [17; 18].

На сьогоднішній день концепція інтеграції різнорідних даних є досить новою, тому існує низка проблем, вирішення яких необхідне. Завдання збору та консолідації різнорідних даних є актуальним при реалізації системи підтримки прийняття рішень. Для вирішення завдання збору та консолідації різнорідних даних у системах мають бути реалізовані адаптери, які одержують дані з різних джерел. Адаптери працюють як системи фільтрації важливих даних для подальшої обробки. Сформулюємо такі вимоги розробки адаптерів збору даних у системах ППР:

- необхідно визначити структури форматів даних для перетворення з вихідних даних;
- необхідно забезпечувати якість отриманих даних у режимі реального часу, використовуючи методи оцінки та забезпечення якості даних, також як методи обробки викидів даних;
- слід мінімізувати участь людини у процесі збирання різнорідних даних;
- необхідно забезпечувати збирання даних у реальному часі з різним ступенем інтенсивності надходження різнорідних даних.

В результаті аналізу процесу збирання різнорідних даних відзначено низку проблем. Дані, одержані адаптерами, можуть бути неструктурованими. Тому для отримання важливих даних з отриманих даних необхідно реалізувати механізми аналізу даних (парсери). Це значно ускладнює реалізацію систем, які забезпечують збирання даних з множини різнорідних джерел. Ситуація ускладнюється, коли структура вихідних даних змінюється у часі. Це призводить до постійного перегляду реалізації парсера даних. Це безпосередньо впливає на якість збору даних зокрема, і якість прийняття управлінських рішень загалом.

Отримані дані, такі, як звуки, медіа можуть зберігатися в бінарному вигляді і займати великий обсяг пам'яті і час на обробку. Збір таких даних традиційними походами не є ефективним. У сучасних комп'ютерних системах використовується розподілений підхід, де існують різні адаптери для збирання та передобробки кожних типів даних. Після цього різноманітні дані об'єднуються в реальному часі. На практиці обробка медіа даних виконується тривалий час і вимагає реалізації спеціальних методів (наприклад, методи обробки сигналу звуку, методи обробки зображень), що впливає на тривалість процесу збору даних в цілому.

Як правило, при проектуванні систем підтримки ухвалення управлінських рішень (СППР) першим виникає питання про те, на основі яких даних ці системи працюватимуть [19]. Ухвалення рішень має ґрунтуватися на реальних даних про об'єкт управління. Тому визначення, які дані мають бути зібрані, є актуальним завданням. Така інформація повинна зберігатися в оперативних базах даних систем оперативної обробки транзакції (OnLine Transaction Processing, OLTP), які забезпечують введення, структуроване зберігання та обробку інформації в режимі реального часу. Насправді для зберігання зібраних даних часто використовуються бази даних, основі яких виконуються аналітичні функції і складні операції об'єднання, звані «сховище даних, СД». Ще одна концепція, нерозривно пов'язана з поняттями СППР та СД, – концепція оперативної аналітичної обробки

даних – OLAP (On-Line Analytical Processing, Інтерактивна Аналітична Обробка, ІАО), яка використовує методи та засоби для збирання, зберігання та аналізу багатовимірних даних з метою підтримки процесів прийняття рішень [20]. Традиційні рішення не підходять під час проектування сучасних OLAP. Однак на основі ряду переваг NoSQL на практиці спеціалістами є спроби використовувати бази даних NoSQL для проектування OLAP, які найважче застосовуються, ніж реляційні бази даних. Бази даних NoSQL забезпечують дуже високу пропускну спроможність читання та запису великих даних. За винятком недавніх випусків бази даних Mongo, вони також не надають жодних додаткових базових перетворень даних у базах даних. Наприклад, в IE, Neo, Cassandra або HBase немає функції SUM. Тим не менш, Neo, Cassandra і Mongo мають дуже високу продуктивність при спробі прочитати відразу кілька записів. OLAP вимагає математичної обробки великої кількості записів у режимі реального часу. Інший недолік при застосуванні бази даних NoSQL для OLAP – підготовка та використання NoSQL у середовищі OLAP буде трудомісткою.

Користувач має сам писати методи збору даних. У роботі [21] проведено та аналізовано бенчмарк для OLAP з використанням технологій NoSQL, що порівнює рішення для багатовимірних сховищ. У роботі також показано можливість застосування NoSQL у розробці OLAP.

Особливості та проблеми злиття різнорідних даних у СППР.

Приватною проблемою проактивних обчислень є проблема управління (або контролю) з використанням інтелектуального аналізу даних. Теоретично управління цей підхід добре відомий як управління з використанням прогнозуючих моделей (Model Predictive Control, MPC). В управлінні підходи називаються прогностичною аналітикою чи проактивним обслуговуванням. Узагальнена схема управління розширюється компонентами, що реалізують прогностичну аналітичну технологію або з використанням прогнозованих характеристик.

Як предметну область у дослідженні розглядається область управління транспортною інфраструктурою. Було проаналізовано можливості реалізації рішень, заснованих на даних для покращення управління міськими процесами, наприклад, аналізу мережі громадського транспорту. Впровадження рішень, що ґрунтуються на даних з використанням прогностичної аналітики, може призвести до зниження витрат в управлінні містами за рахунок мінімізації ризиків виникнення негативних наслідків. У цьому випадку розглядаються дві проблеми: збір різнорідних даних для подальшого аналізу та прогнозування та злиття різнорідних даних.

У принципі, збір даних та злиття даних є основними процесами у рішеннях, керованих даними. Найважливішим фактором тут є час доступу до даних процедур прийняття рішень. Якщо дані, що зберігаються у розподіленому сховищі даних, мають різний формат, необхідно обробити дані під час виконання запиту користувача. Наприклад, якщо користувач запитує інформацію про певну ситуацію на дорозі, що описується відеопотоками та зареєстрованими даними з транспортних засобів, ці дані повинні оброблятися та виводитися як результат запиту. Для вирішення проблеми прогнозування використовуються методи прогнозування на основі експертних знань та методів прогнозування.

В останньому випадку потрібні вибірки даних та інформація про об'єкт для побудови моделей. Якщо пошук оптимальних гіперпараметрів може бути зведений до проблеми комбінаторного пошуку на сітці або описаний як завдання оптимізації, то збирання та попередня обробка різноманітних даних з різних джерел є неструктурованим завданням і потребує значного часу.

Дослідження, що вивчають проблему збору та консолідації (злиття) даних, виходять із традиційних наукових дисциплін, таких як: обробка сигналів, статистика, теорія управління, чисельні методи, штучний інтелект та машинне навчання. Злиття даних історично використовувалося для військових застосувань, таких як: автоматичне відстеження цілей, автономне керування транспортними засобами, спостереження за полем бою та автоматичне виявлення загроз. Пізніше з'явився синтез даних, був адаптований та застосований до комп'ютерних додатків, таких як виробництво, робототехніка, обробка відео та зображень, медичне обладнання та сенсорні мережі тощо [14; 15]. В останні роки дослідження методів злиття даних значно просунулося, але воно ще не відповідало можливості людського мозку. Злиття різнорідних даних визначається [11] як «інтеграція інформації з декількох джерел для створення конкретних і всеосяжних уніфікованих даних про об'єкт». Злиття даних визначено в [12] як «процес, пов'язаний з асоціацією, кореляцією та комбінацією даних та інформації з декількох джерел, для досягнення уточнених оцінок розташування та ідентичності, а також повна та своєчасна оцінка ситуацій та загроз».

Висновки. Отже, у статті подано класифікацію даних за різними критеріями. Виділено такі типи даних, що використовуються в проактивних системах підтримки прийняття рішень: машинні дані сенсорного типу (sensors data), подієві дані (log data), візуальні дані – зображення або відео, текстові дані (textual data), дані соціальних мереж (social data) георозподілені дані (geospatial data). Дані можуть бути структурованими, неструктурованими та напівструктурованими. Тому в системах управління інфраструктурою різнорідність даних критична і вимагає реалізації ефективних підходів злиття різнорідних даних.

Виконано аналіз особливостей та проблем збору та злиття різнорідних даних у проактивних системах підтримки прийняття управлінських рішень. Виділено такі особливості: необхідність визначення форматів даних, необхідність забезпечення якості даних; необхідність мінімізації участі людини у процесі збирання різнорідних даних; забезпечення збору даних у реальному часі. Зазначимо, що збирання даних та злиття даних є критичними процесами в проактивних системах

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Llinas, J. Multisensor Data Fusion. MA: Artech House. 2015.
2. Hall, D. Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion. Boston, MA: Artech House. 2017.
3. Connecting the Physical World with Pervasive Networks. D. Estrin, D. Culler, K. Pister, G. Sukhatme. IEEE Pervasive Computing 1, 2012, (1).
4. Codd, E. F. Providing OLAP (On-Line Analytical Processing). E. F. Codd & Associates, 2017.
5. Benchmark for OLAP on NoSQL technologies comparing NoSQL multidimensional data warehousing solutions. 2015 IEEE 9th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), Athens. 2015.
6. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2022, (6).
7. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*, 2023, (1).
8. Новіченко Є.О. Актуальні засади створення алгоритмів обробки інформації для логістичних центрів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2023 (1).

9. Зайцев Є.О. Smart засоби визначення аварійних станів у розподільних електричних мережах міст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2022, (5).
10. Hall, D. L. An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE*. 2019. Vol. 85(1).
11. Khaleghi, B. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Vol. 14(1). 2013.
12. Hashem, I. A.T. The rise of ‘Big Data’ on Cloud Computing: Review and Open Research Issues. *Information Systems*. 2015. Vol. 47.
13. Michele, D.C. An Architecture for Sentiment Analysis in Twitter. D.C. Michele, D.N. Emanuel, P. Alfredo. *International Conference on E-learning 15*. Berlin, Germany. 2015.
14. Geospatial data generation and preprocessing tools for urban computing system development. Golubev et al. *Procedia Comput. Sci.* (101). 2016.
15. Mahler, R.P.S. *Statistical Multisource-Multitarget Information Fusion*. Artech House, Boston, MA. 2007.
16. Evaluating the sustainability of Volgograd. Садовникова Н.П., Parygin D., Gidkova N., Gnedkova E., Sanzhapov B. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2014. No. 179 (Vol. 1).
17. Яцишин А.Ю. Проектування гібридних сховищ даних з врахуванням структурованості даних. *Управління розвитком складних систем*. 2012. (9)
18. Патракеєв І. М. Моделювання динамічних об’єктів транспортної системи міста методами штучного інтелекту. Харків, ХНАМГ, 2010.
19. Кучук Г.А. Метод синтезу логічної структури мережевої бази даних. *Системи обробки інформації*. 2001. (2).
20. Степанов, С.Ю. Технологічна платформа для розподілених гетерогенних систем збирання та обробки даних. *Науковий альманах*. 2017. № 2–3(28).
21. Khaleghi, B. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Vol. 14 (1). 2013.

REFERENCES:

1. Llinas, J. (2015) *Multisensor Data Fusion*. MA: Artech House.
2. Hall, D. (2017) *Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion*. Boston, MA: Artech House.
3. Connecting the Physical World with Pervasive Networks. D. Estrin, D. Culler, K. Pister, G. Sukhatme. *IEEE Pervasive Computing* 1, 2012, (1).
4. Codd, E. F. (2017) *Providing OLAP (On-Line Analytical Processing)*. E. F. Codd & Associates.
5. Benchmark for OLAP on NoSQL technologies comparing NoSQL multidimensional data warehousing solutions. 2015 IEEE 9th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), Athens. 2015.
6. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. (2022) Efektyvnist funktsionuvannya kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (6) [in Ukrainian].
7. Tsyvk O.S. (2023) Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*, (1) [in Ukrainian].
8. Novichenko Ye.O. (2023) Aktualni zasady stvorennia alhorytmiv obrobky informatsii dlia lohistychnykh tsentriv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (1) [in Ukrainian].
9. Zaitsev Ye.O. (2022) Smart zasoby vyznachennia avariinykh staniv u rozpodilnykh elektrychnykh merezhakh mist. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (5) [in Ukrainian].

10. Hall, D. L. (2019) An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE*. Vol. 85(1).
 11. Khaleghi, B. (2013) Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Vol. 14(1).
 12. Hashem, I. A.T. (2015) The rise of 'Big Data' on Cloud Computing: Review and Open Research Issues. *Information Systems*. Vol. 47.
 13. Michele, D.C. (2015) An Architecture for Sentiment Analysis in Twitter. D.C. Michele, D.N. Emanuel, P. Alfredo. *International Conference on E-learning 15*. Berlin, Germany.
 14. Geospatial data generation and preprocessing tools for urban computing system development. Golubev et al. *Procedia Comput. Sci.* (101). 2016.
 15. Mahler, R.P.S. (2007) *Statistical Multisource-Multitarget Information Fusion*. Artech House, Boston, MA.
 16. Evaluating the sustainability of Volgograd. Sadovnykova N.P., Parygin D., Gidkova N., Gnedkova E., Sanzhapov B. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2014. No. 179 (Vol. 1).
 17. Yatsyshyn A.Iu. (2012) Proektuvannia hibrydnykh skhovyshch danykh z vrakhuvanniam strukturovanosti danykh. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. (9) [in Ukrainian].
 18. Patrakeiev I. M. (2010) Modeliuvannia dynamichnykh ob'ektiv transportnoi systemy mista metodamy shtuchnoho intelektu. Kharkiv, KhNAMH. [in Ukrainian].
 19. Kuchuk H.A. (2001) Metod syntezy lohichnoi struktury merezhevoi bazy danykh. *Systemy obrobky informatsii*. (2). [in Ukrainian].
 20. Stepanov, S.Iu. (2017) Tekhnolohichna platforma dlia rozpodilenykh heterohennykh system zbyrannia ta obrobky danykh. *Naukovyi almanakh*. № 2-3(28). [in Ukrainian].
 21. Khaleghi, B. (2013) Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Vol. 14 (1).
-

УДК 004.42:004.75

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.4>

РЕАЛІЗАЦІЯ SAGA З ВИКОРИСТАННЯМ ШАБЛОНУ OUTBOX

Бугасєва І. Г. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технічної кібернетики й інформаційних технологій
імені професора Р. В. Мерктя
Одеського національного морського університету
ORCID ID: 0000-0002-2839-9266

Мікросервісна архітектура надає ряд переваг, до яких можна віднести гнучкість, стійкість до відмов, можливість повторного використання функціональності. Але розподілений характер таких систем призводить до складності управління взаємодією та узгодженістю даних між різними сервісами. В додатках необхідно виконувати транзакції, які охоплюють кілька сервісів, кожен з яких має власну базу даних і є ізольованим. Для управління транзакціями в системах з мікросервісною архітектурою використовується шаблон проєктування Saga, який розподілену транзакцію представляє як послідовність локальних транзакцій. Зазвичай локальна транзакція оновлює базу даних сервісу та публікує повідомлення, щоб ініціювати наступну локальну транзакцію у сазі. Оновлення бази даних та публікація повідомлення повинні виконуватися атомарно, інакше система може перейти у неузгоджений стан. Це може статися, якщо, наприклад, після фіксації змін у базі даних повідомлення не буде надіслано через збій в мережі. Для забезпечення узгодженості даних можна використовувати шаблони Transitional Outbox або Event Sourcing. Стаття присвячена дослідженню особливостей застосування цих шаблонів при реалізації розподілених транзакцій за допомогою Saga, виявленню переваг та недоліків кожного з підходів. Event Sourcing дозволяє зберігати історію змін стану об'єкта, відтворювати події для відновлення його стану на певний момент часу. Недоліком цього шаблону є те, що він складний у вивченні. У разі використання складних запитів до бази даних у поєднанні з Event Sourcing слід використовувати патерн CQRS. В роботі представлена архітектура додатку на основі мікросервісів, побудована з використанням шаблонів проєктування Saga та Outbox. Сервіси взаємодіють між собою асинхронно за допомогою Apache Kafka та конекторів Debezium, які відстежують зміни в базах даних та надсилають повідомлення в брокер. Сервіси отримують повідомлення з брокера відразу після публікації.

Ключові слова: мікросервісна архітектура, розподілені транзакції, узгодженість даних, шаблон проєктування Saga, Transitional Outbox, Event Sourcing.

Buhaieva I. H. Saga implementation using the Outbox pattern

Microservice architecture provides a number of advantages, which include flexibility, fault tolerance, and the ability to reuse functionality. But the distributed nature of such systems makes it difficult to manage interactions and data consistency between different services. Applications need to perform transactions spanning multiple services, each with its own database and isolated. To manage transactions in systems with a microservice architecture, the Saga design pattern is used, which represents a distributed transaction as a sequence of local transactions. Typically, a local transaction updates the service database and publishes a message to initiate the next local transaction in the saga. Updating the database and publishing a message must be done atomically, otherwise the system may end up in an inconsistent state. This can happen if, for example, after committing changes to the database, the message is not sent due to network failure. The Transitional Outbox or Event Sourcing pattern can be used to ensure data consistency. The article is devoted to research the features of using these patterns when implementing distributed transactions using Saga, identifying the advantages and disadvantages of each approach. Event Sourcing allows you to save the history of changes in the state of an object, play back events to restore its state at a certain point in time. The disadvantage of this pattern is that it is difficult to learn. When using complex database queries, in combination with Event Sourcing you should use the CQRS pattern. The paper presents a microservices-based application architecture built using the Saga and Outbox design patterns. Services interact with each other asynchronously using Apache Kafka and Debezium connectors, which monitor changes in the databases and transmit messages to the broker. Services receive messages from the broker immediately after publication.

Key words: microservice architecture, distributed transactions, data consistency, Saga design pattern, Transitional Outbox, Event Sourcing.

Вступ. У багатьох додатках з мікросервісною архітектурою необхідно здійснювати транзакції, що охоплюють декілька сервісів. Для управління такими транзакціями застосовується шаблон проектування Saga [1; 2]. Він забезпечує виконання або всіх локальних транзакцій, з яких складається сага, або невиконання жодної, якщо якась транзакція не може бути реалізована з якоїсь причини.

Якщо при виконанні локальної транзакції сервіс записує дані до своєї бази даних, а потім відправляє повідомлення в чергу для іншої служби, що бере участь у сазі, то існує ймовірність того, що додаток не буде працювати надійно, оскільки після фіксації в базі даних може статися збій програми, повідомлення в інший сервіс не буде надіслано та система залишиться у неузгодженому стані. Надсилання повідомлення може завершитися збоєм через різні причини: помилка мережі, недоступність служби повідомлень, збій вузла. Якщо повідомлення надсилається раніше запису у базу даних, існує можливість збоєм оновлення бази даних.

Для забезпечення узгодженості даних у системі необхідно виконувати операції оновлення локальної бази даних та надсилання повідомлень іншим сервісам як атомарну операцію. Вирішенням цієї проблеми може бути використання шаблону Transactional Outbox або Event Sourcing.

Метою статті є дослідження особливостей реалізації Saga із застосуванням шаблонів Outbox та Event Sourcing. На етапі проектування програмної системи з мікросервісною архітектурою важливо знати переваги та недоліки кожного з цих підходів.

Аналіз досліджень і публікацій. Одним із способів надійної публікації повідомлень є використання шаблону Transactional Outbox [3]. Згідно з ним сервіс, що використовує реляційну СУБД, вставляє повідомлення в таблицю outbox у рамках локальної транзакції, що оновлює базу даних. Окремий процес ретрансляції повідомлень читає цю таблицю та передає повідомлення брокеру. Якщо сервіс використовує NoSQL СУБД, при оновленні бізнес-об'єкта повідомлення додається до атрибуту відповідного запису.

Для доставки повідомлень від бази даних до брокера зазвичай використовується відстеження транзакційного журналу бази даних. У ньому фіксуються всі оновлення, що виконані додатком. Ретранслятор читає цей журнал і публікує кожну зміну як повідомлення для брокера.

Одним з прикладів реалізації цього підходу є використання Debezium – розподіленої платформи, яка працює на основі функцій системи відстеження змінених даних у базі даних.

Debezium побудований поверх Apache Kafka та надає конектори, які публікують у брокері Kafka зміни бази даних, що вносяться додатком. Інші сервіси можуть зчитувати результуючі записи подій з тем Kafka. Кожен з конекторів працює з певною СУБД.

Необхідно також враховувати те, що брокер зазвичай гарантує хоча б одну доставку. Обробники подій, які не є ідемпотентними, повинні самостійно виявити і відкинути повідомлення, що повторюються.

Ще один архітектурний шаблон, який можна використовувати для надійної публікації повідомлень – Event Sourcing [4]. Відповідно до нього дані зберігаються у вигляді подій у спеціальному сховищі подій. У традиційному підході до баз даних зберігається кінцевий стан бізнес-об'єкта. При використанні Event Sourcing зберігаються усі проміжні стани у вигляді послідовності подій. Кінцевий стан одержують послідовним застосуванням усіх проміжних станів.

Сховище подій являє собою гібрид бази даних та брокера повідомлень. Воно є базою даних, тому що має API для додавання та читання подій за допомогою первинного ключа, але воно також, як і брокер повідомлень, має API для підписки на події.

Існує кілька різних способів реалізації сховища подій. Можна застосовувати для цього реляційну СУБД. Це простий, хоч і низькопродуктивний спосіб публікації подій. Передплатники періодично опитують таблицю events для отримання нових даних. Інший варіант – використовувати спеціалізоване сховище подій, яке, як правило, надає багатий набір функцій, більш високу продуктивність та масштабованість. Прикладом такого сховища подій є Event Store.

При використанні Event Sourcing зберігається історія зміни стану об'єкта, яка може стати в нагоді для завдань аудиту або моніторингу. Але цей шаблон має й недоліки. Він складний у вивченні. Схема подій може розвиватися з часом і для відновлення стану об'єкта сервісу може знадобитися обробити події, що відповідають кільком різним версіям схеми [5; 6]. Крім того, при зверненні до сховища подій можуть виникати труднощі під час використання складних запитів. Тоді слід реалізовувати запити за допомогою шаблону Command Query Responsibility Segregation (CQRS), який розділяє операції читання та оновлення сховища даних.

Для виконання проекту був обраний шаблон Outbox, як більш простий у розробці та надійний у застосуванні.

Виклад основного матеріалу. Розроблено додаток з мікросервісною архітектурою, що забезпечує взаємодію трьох служб, які розгортаються незалежно та мають свої бази даних: order – обробляє запити на замовлення подорожі, hotel – бронювання готелю, avia – бронювання авіаквитків. Оскільки виконання замовлення можливе лише при успішному бронюванні готелю та авіаквитків для перельоту, то при його обробці має виконуватися транзакція, що охоплює сервіси hotel та avia. Для здійснення розподіленої транзакції використовувався шаблон Saga. Для забезпечення узгодженості даних при оновленні баз даних та публікації

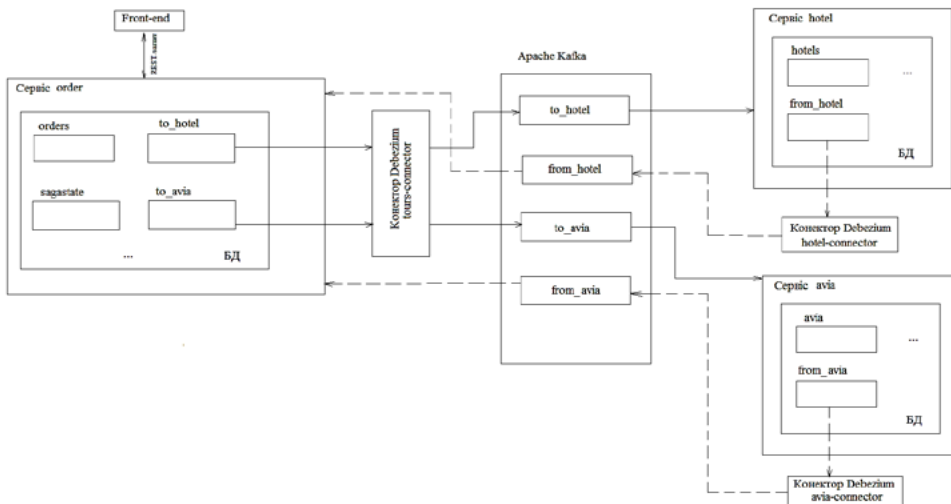


Рис. 1. Архітектура додатку

повідомлень застосовувався шаблон Outbox. Конектори Debezium зчитували зміни, які вносилися у бази даних сервісів, та публікували повідомлення у брокері Apache Kafka [7; 8]. Архітектура додатку наведена на рис. 1.

Проект було реалізовано у середовищі node.js. Як база даних застосовувалася СУБД MySQL. Для запуску необхідних служб використовувалися образи контейнерів Docker. Для роботи з Debezium потрібні три окремі служби: ZooKeeper, Kafka Connect та служба конектора Debezium. Для зв'язку зі службою Kafka Connect застосовувалися команди curl для надсилання запитів API на порт 8083 вузла Docker, який було зіставлено з портом 8083 у контейнері connect під час запуску Kafka Connect.

Після початку роботи служб Debezium та MySQL реєструвалися конектори Debezium MySQL з іменами “tours-connector”, “hotel-connector”, “avia-connector”, щоб вони могли розпочати моніторинг відповідних таблиць баз даних MySQL.

Після реєстрації конектори починають відстежувати файли binlog сервера бази даних і генерують події зміни для кожного рядка, що змінюється, таблиць баз даних, які визначаються в параметрах конфігурації конекторів. Параметр “tasks.max” зі значенням “1” вказує, що у кожний момент часу має виконуватися лише одне завдання, що забезпечує правильний порядок та обробку подій. Для відстеження бази даних MySQL використовується клас MySqlConnection.

Задаються також ім'я хоста сервера бази даних, яке є назвою контейнера Docker з запущеним сервером MySQL, номер порту сервера бази даних, ім'я користувача БД і пароль. У параметрах “database.include.list” й “table.whitelist” вказуються відповідно ім'я бази даних та назви таблиць, зміни у яких необхідно відстежувати.

Шаблон Saga може бути реалізований на основі хореографії чи оркестрації. У сазі на основі хореографії відсутня центральна точка управління. Кожна локальна транзакція у службі публікує події, які запускають локальні транзакції в інших сервісах. Saga на основі оркестрації передбачає наявність координатора, який відповідає за керування загальним станом транзакції. У проекті реалізовано шаблон Saga на основі оркестрації.

Після отримання REST-запиту від клієнта сервіс order викликає функцію, яка є оркестратором саги та повідомляє сервісам, що беруть участь у сазі, які локальні транзакції їм слід виконувати.

Оркестратор реалізований у вигляді кінцевого автомата, що складається з набору станів і переходів між ними, які ініціюються за допомогою подій. Кожен перехід має певну дію, яка означає виклик наступного учасника саги. Наступний перехід та дія, які потрібно виконати, визначаються поточним станом.

На рис. 2 представлена модель кінцевого автомата для саги з бронювання подорожі, яка включає наступні стани:

- 0 – створення замовлення;
- 1 – бронювання готелю;
- 2 – бронювання авіаквитків;
- 3 – замовлення підтверджено;
- 4 – компенсаційні дії у сервісі hotel;
- 5 – замовлення на бронювання поїздки відхилено.

Кінцевий автомат визначає множину переходів станів. Після створення замовлення (стан 0) запускається виконання першого кроку саги – бронювання готелю, і відбувається перехід у стан 1. При успішному бронюванні готелю ініціюється наступний крок саги – бронювання авіаквитків, і відбувається перехід у стан 2. В іншому випадку – перехід у стан 5 «Замовлення відхилено».

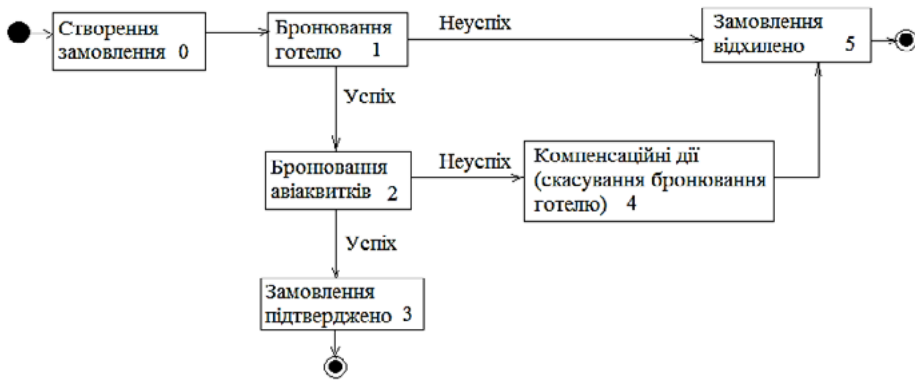


Рис. 2. Модель кінцевого автомата для саги «Бронювання подорожі»

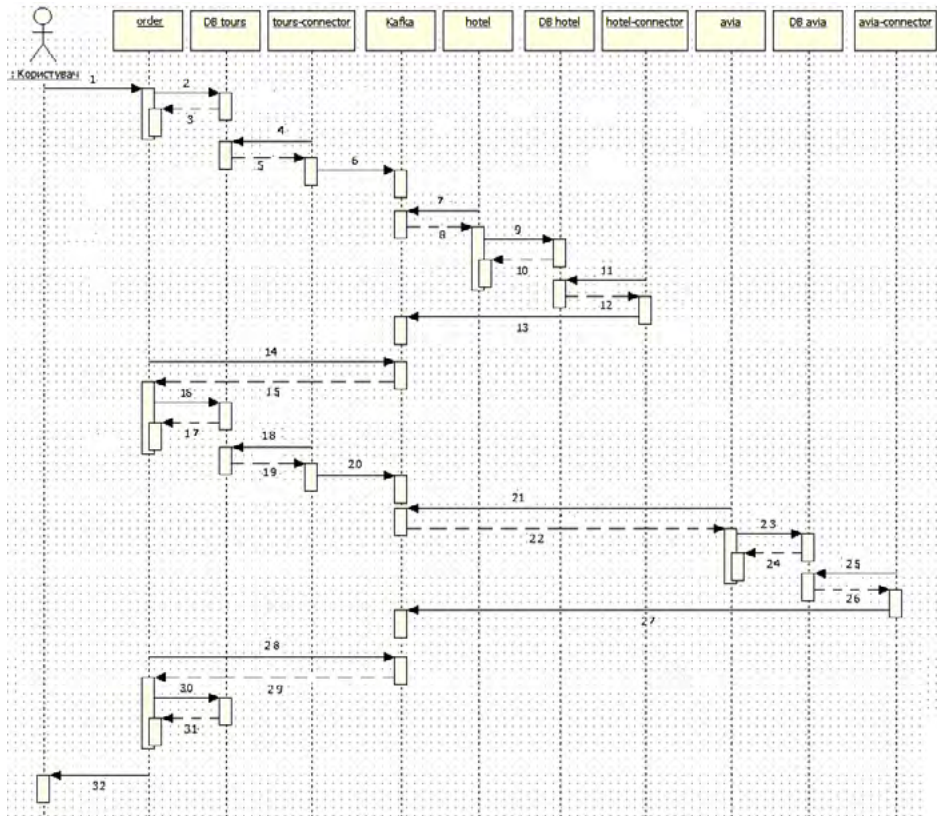


Рис. 3. Успішне виконання саги з використанням Outbox

При успішному бронюванні авіаквитків здійснюється перехід у стан 3 «Замовлення підтверджено». Якщо забронювати квитки не вдалося, то необхідно провести компенсаційні дії в сервісі hotel зі скасування бронювання готелю. Відбувається перехід у стан 4. Після виконання компенсаційних дій здійснюється перехід у стан 5 «Замовлення відхилено».

На діаграмі послідовності (рис. 3) представлено успішне виконання саги з бронювання подорожі з використанням шаблону Outbox.

При отриманні запиту від клієнта на замовлення подорожі (крок 1) оркестратор зберігає дані в базі даних сервіса order (кроки 2, 3). В рамках однієї транзакції поновлення бази даних інформація додається в таблицю `to_hotel`, яка містить поля: `id_order` – номер замовлення, `state` – номер стану, `statedescript` – опис стану, `payload` – об'єкт типу `json` з даними для бронювання готелю. Поле `state` отримує значення 1, що визначає номер поточного стану, поле `statedescript` – рядок `"hotel_started"`.

При зміні даних у таблиці `to_hotel` конектор Debezium з ім'ям `tours-connector` зчитує запис з цієї таблиці з оновленими даними (кроки 4, 5) і публікує повідомлення в брокері Kafka в темі з назвою, що відповідає назві таблиці (крок 6).

Сервіс `hotel` підписаний на повідомлення з теми `"to_hotel"` брокера. Після публікації даних він отримує їх (кроки 7, 8) і здійснює запит до своєї бази даних на бронювання готелю (кроки 9, 10). Як складова цієї транзакції виконується оновлення таблиці `from_hotel`, яка має таку ж структуру, що і таблиця `to_hotel`. Поле `state` отримує значення 2, що вказує номер наступного стану системи в моделі кінцевого автомата, наведеного вище. В поле `statedescript` записується рядок `"hotel_succeeded"`, в `payload` зберігається об'єкт з даними про заброньований готель.

Якби запит про бронювання готелю закінчився неуспішно, то поле `state` отримало б значення 5, `statedescript` – `"hotel_failed"`, `payload` – порожній об'єкт.

В таблиці `hotelstate` сервісу `hotel` зберігається інформація про оброблені повідомлення. Для запобігання одержанню дубльованих даних з брокера виконується перевірка: якщо повідомлення з такими номерами замовлення та стану вже оброблялося, воно буде проігноровано.

При зміні даних в таблиці `from_hotel` виконується зчитування оновлених даних з неї за допомогою конектора `"hotel-connector"` (кроки 11, 12) та публікація повідомлення у відповідній темі брокера (крок 13).

Оркестратор підписаний на теми `"from_hotel"` і `"from_avia"`. Отримавши повідомлення з теми `from_hotel` (кроки 14, 15), він оновлює базу даних `tours` і в рамках однієї транзакції додає до таблиці `to_avia` (кроки 16, 17) інформацію, необхідну для бронювання авіаквитків, тим самим ініціюючи виконання наступного кроку саги. Таблиця `to_avia` має таку ж структуру, що і таблиця `to_hotel`. Поле `state` отримує значення 2, `statedescript` – рядок `"avia_started"`, `payload` – об'єкт з даними для сервісу `avia`. При зміні даних у таблиці `to_avia` конектор `tours-connector` зчитує з неї оновлений запис (кроки 18, 19) і публікує повідомлення в темі `to_avia` (крок 20). Сервіс `avia` отримує дані з брокера (кроки 21, 22) і виконує запит до своєї бази даних на бронювання авіаквитків (кроки 23, 24). При обробці запиту оновлюються дані таблиці `from_avia`. Поле `state` отримує значення 3, поле `statedescript` – рядок `"avia_succeeded"`, `payload` – об'єкт з даними про заброньовані квитки.

Якби не вдалося забронювати квитки, поле `state` таблиці `from_avia` отримало б значення 4, `statedescript` – `"avia_failed"`, `payload` – порожній об'єкт. Значення 4 поля `state` вказувало б на необхідність переходу до виконання компенсаційних дій у сервісі `hotel`.

При оновленні таблиці `from_avia` дані зчитуються конектором “`avia-connector`” (кроки 25, 26) та публікуються (крок 27). Оркестратор отримує їх (кроки 28, 29) та оновлює локальну базу даних (кроки 30, 31), також зберігаючи у полі `orderstate` відповідного запису таблиці `orders` значення “`success`”, що є показником того, що сага завершилася успішно.

Якби запит до сервісу `avia` був невдалим, оркестратор додав би у таблицю `to_hotel` запис зі значеннями полів `state = 4` і `statedescript = "hotel_compensating"`, що запустило б виконання компенсаційних дій сервісом `hotel`. Служба `hotel`, отримавши повідомлення, внесла б зміни до своєї бази даних щодо скасування бронювання готелю і оновила б таблицю `from_hotel`, записавши значення полів: `state = 5`, `statedescript = "hotel_compensated"`.

Сервіс `order` періодично опитує таблицю `orders` локальної бази даних. Коли у записі поточного замовлення поле `orderstate` набуває значення “`success`”, клієнту надсилається відповідь з даними щодо бронювання поїздки (крок 32).

Висновки. У статті розглядаються особливості реалізації шаблону `Saga`, який використовується для управління транзакціями у додатках з мікросервісною архітектурою. Досліджуються два підходи для забезпечення узгодженості даних у таких системах – застосування шаблонів `Transitional Outbox` та `Event Sourcing`.

`Event Sourcing` є потужним архітектурним шаблоном, який слід використовувати, коли необхідно зберігати історію зміни стану об’єкта, наприклад, для завдань аудиту або моніторингу. Він дозволяє відтворювати події для відновлення стану об’єкта на певний момент часу.

Недоліком цього шаблону є те, що він складний у вивченні. У разі використання складних запитів до бази даних у поєднанні з `Event Sourcing` слід використовувати шаблон `CQRS`, що може ускладнити розробку додатку.

Обидва шаблони `Outbox` та `Event Sourcing` дозволяють надійно публікувати повідомлення/події у брокері повідомлень. Для проєкту було обрано більш простий у використанні шаблон `Outbox`. При реалізації цього підходу використовувалися конектори `Debezium` для відстеження змін в базах даних сервісів. Застосування шаблону `Outbox` та конекторів дозволяє оновлювати базу даних та публікувати повідомлення атомарно, тим самим забезпечуючи узгодженість даних у мікросервісах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Richardson Ch. *Microservices Patterns*. Manning Publications, 2019. 520 p.
2. Бугаєва І.Г., Розум М.В., Ларін Д.Г., Ткаченко М.Г. Управління транзакціями в мікросервісній архітектурі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. № 2. С. 3–13.
3. Richardson, Ch. Pattern: Transactional outbox. URL: <https://microservices.io/patterns/data/transactional-outbox.html> (дата звернення: 05.06.2023).
4. Fowler M. Event Sourcing. 2005. URL: <https://martinfowler.com/eaDev/EventSourcing.html> (дата звернення: 20.06.2023).
5. Overeem, M., Spoor, M., Jansen, S. The dark side of event sourcing: Managing data conversion. *IEEE 24th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering*. 2017. DOI:10.1109/SANER. 2017.7884621
6. Overeem M., Spoor M., Jansen S., Brinkkemper S. An empirical characterization of event sourced systems and their schema evolution – Lessons from industry. *The Journal of Systems and Software*. 2021. Vol. 178. DOI:10.1016/j.jss.2021.110970.

7. Scott D., Gamov V., Klein D. *Kafka in Action*. Manning Publications, 2022. 272 p.
8. Debezium. URL: <https://debezium.io/> (дата звернення: 11.07.2023).

REFERENCES:

1. Richardson, Ch. (2019). *Microservices Patterns*. Manning Publications.
2. Buhaieva, I.H., Rozum, M.V., Larin, D.H., Tkachenko, M.H. (2023). Upravlinnia tranzaktsiiamy v mikroservisnii arkhitekturi [Transaction management in microservice architecture]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*, 2, 3–13 [in Ukrainian].
3. Richardson, Ch. Pattern: Transactional outbox. Retrieved from <https://microservices.io/patterns/data/transactional-outbox.html>.
4. Fowler, M. (2005). Event Sourcing. Retrieved from <https://martinfowler.com/eaDev/EventSourcing.html>.
5. Overeem, M., Spoor, M., Jansen, S. (2017). The dark side of event sourcing: Managing data conversion. *IEEE 24th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering*. DOI:10.1109/SANER.2017.7884621
6. Overeem, M., Spoor, M., Jansen, S., Brinkkemper, S. (2021). An empirical characterization of event sourced systems and their schema evolution – Lessons from industry. *The Journal of Systems and Software*, 178. DOI:10.1016/j.jss.2021.110970
7. Scott, D., Gamov, V., Klein, D. (2022). *Kafka in Action*. Manning Publications.
8. Debezium. Retrieved from <https://debezium.io/>.

УДК 004.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.5>

РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ГРАМАТИКИ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Завгородній В. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0000-0002-8347-7183

Завгородня Г. А. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0000-0001-8523-1761

Валяєвська Н. О. – кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0000-0002-5701-4062

Даріков Д. О. – магістр кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0009-0008-5329-6833

У роботі розглянуті та порівняні різні підходи до генерації тексту, застосовуючи методи нейронних мереж. Метою є вибір найбільш оптимального методу для завдання генерації коротких тестових речень. Крім того, створено прототип додатка, який здатен автоматично створювати тестові завдання з англійської мови.

В рамках дослідження проаналізовані різні підходи до генерації тексту за допомогою нейронних мереж. Один з можливих напрямків – це використання рекурентних нейронних мереж, які добре підходять для моделювання послідовних даних. Інший можливий підхід – це використання трансформерів, таких як GPT, які здатні засвоювати довготривалі залежності в тексті. Завдання включає в себе створення програми, яка автоматично створюватиме різноманітні тестові завдання з граматики англійської мови. Для цього використовуються передові методи нейромережевого моделювання, що дозволяють аналізувати велику кількість лінгвістичних даних та засвоювати граматичні правила.

Після детального аналізу були визначені переваги та недоліки кожного підходу. Наступним кроком відбувся вибір найбільш підходящого методу для завдання генерації коротких тестових речень. Після вибору методу розроблено додаток, який здатен автоматично створювати тестові завдання з англійської мови на основі вибраного підходу.

Розроблений додаток здатен генерувати різноманітні завдання, такі як заповнення пропусків в реченнях правильними граматичними конструкціями, переклад з англійської мови на рідну мову з правильним використанням граматики, і навіть складніші завдання, пов'язані з аналізом тексту на наявність граматичних помилок. Цей проект має великий потенціал в освітній сфері, допомагаючи викладачам та учням ефективніше вивчати та розуміти граматику англійської мови. Автоматизоване створення тестових завдань сприяє економії часу та зусиль при підготовці навчальних матеріалів.

Ключові слова: нейромережеві технології, додаток, генерація тексту, дистанційна форма навчання, рекурентна нейронна мережа.

Zavgorodnii V. V., Zavgorodnya A. A., Valiavska N. O., Darikov D. O. Development of an addendum for the formation of test questions from the grammar of English language based on neural technologies

The paper considers and compares different approaches to text generation using neural network methods. The goal is to choose the most optimal method for the task of generating short test sentences. In addition, a prototype of the application was created, which is capable of automatically creating test tasks in the English language.

The research analyzed various approaches to text generation using neural networks. One possible direction is the use of recurrent neural networks, which are well suited for modeling sequential data. Another possible approach is to use transformers, such as GPT, which are able to learn long-term dependencies in the text. The task includes creating a program that will automatically create a variety of English grammar test tasks. For this, advanced methods of neural network modeling are used, which allow analyzing a large amount of linguistic data and learning grammatical rules.

After a detailed analysis, the advantages and disadvantages of each approach were determined. The next step was the selection of the most suitable method for the task of generating short test sentences. After choosing a method, an application is developed that is capable of automatically creating English language test tasks based on the selected approach.

The developed application is able to generate various tasks, such as filling gaps in sentences with correct grammatical constructions, translation from English to native language with correct use of grammar, and even more complex tasks related to analyzing the text for grammatical errors. This project has great potential in the educational field, helping teachers and students learn and understand English grammar more effectively. Automated creation of test tasks helps save time and effort when preparing training materials.

Key words: neural network technologies, application, text generation, distance learning, recurrent neural network.

Постановка проблеми. З огляду на тимчасовий перехід багатьох навчальних закладів до дистанційної форми навчання, стало очевидним, що розвиток освіти з використанням Інтернету та інформаційних технологій набуває великої актуальності. Перехід до такої форми навчання не лише дає можливість продовжувати навчання в екстремальних ситуаціях, але й надає учням безліч інших переваг [1].

Однак перехід до дистанційного навчання також супроводжується певними труднощами, особливо у взаємодії зі студентами та забезпеченні коректності оцінювання різних видів завдань. Наприклад, використання обмеженого набору тестових питань може призвести до витоку відповідей, негативно впливаючи на об'єктивність тестування та засвоєння матеріалу [2].

Важливою проблемою є також автоматична генерація тестових завдань, особливо тих, що вимагають глибокого розуміння матеріалу, наприклад, завдання з мови або складних математичних розрахунків. Якщо деякі завдання можуть бути легко розмножені шляхом заміни даних та автоматичного розрахунку, то інші вимагають більшого творчого підходу до створення.

Забезпечення ефективного дистанційного навчання вимагає розв'язання багатьох викликів, включаючи розробку нових методів оцінювання та створення інноваційних інструментів для автоматичної генерації завдань [3].

Один з найефективніших інструментів для створення послідовностей, зокрема осмисленого тексту, – це використання нейронних мереж. Усім відомо, що різноманітні завдання, пов'язані з генерацією тексту, такі як написання оглядів у соціальних мережах, вдалося успішно вирішити завдяки застосуванню нейронних мереж [4; 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В рамках даної роботи дослідимо найбільш підходящі типи нейронних мереж для створення текстових тестових завдань. Зокрема, виокремимо такі популярні види нейронних мереж, як:

1. Рекурентні нейронні мережі (RNN): RNN є підходом, де інформація передається від попередніх кроків обробки до наступних. Це особливо корисно для

генерації послідовностей, які мають залежності в часі. RNN можуть бути ефективними для створення коротких тестових речень [6].

2. Згорткові нейронні мережі (CNN): CNN зазвичай застосовуються для обробки даних, що мають просторову структуру, наприклад зображення. Проте, їх можна також використовувати для аналізу послідовних даних, таких як текст. Зокрема, вони можуть виділяти важливі локальні ознаки в тексті, що допоможе в створенні тестових завдань [7].

3. Трансформери (Transformer): Трансформери є новітнім напрямом в області нейронних мереж, які показали вражаючі результати в обробці послідовностей. Вони використовують механізми уваги для аналізу контексту і здатність генерувати текстові послідовності. Трансформери особливо корисні для створення текстових завдань, оскільки вони здатні уважно аналізувати довгі залежності в тексті [8]. Для здійснення порівняння цих видів нейронних мереж можемо враховувати такі критерії:

1. Застосування до завдання генерації коротких тестових речень: Оцінимо, яка з архітектур найефективніша у створенні чітких та зрозумілих тестових завдань.

2. Вимоги до обчислювальних ресурсів: Розглянемо, яка з архітектур потребує менше ресурсів для навчання та застосування, що є важливим фактором при розгляді практичної застосовності.

Відомості, отримані під час порівняння цих типів нейронних мереж, допоможуть визначити найбільш підходящий тип мережі для конкретної задачі створення текстових тестових завдань.

Формулювання цілей статті. Мета статті – розробка програмного продукту з метою створення тестових завдань з граматики англійської мови за допомогою нейронних технологій.

Виклад основного матеріалу. Рекурентна нейронна мережа (RNN) є типом штучної нейронної мережі, яка призначена для обробки послідовних даних та даних із залежністю в часі. Одна з ключових особливостей RNN полягає в тому, що вона може передавати інформацію з попередніх кроків обробки до наступних, дозволяючи утримувати контекст та залежності в даних. Ця здатність робить RNN корисними для завдань, де послідовність даних має важливий вплив на результат. Наприклад, в генерації тексту RNN може враховувати попередні слова для збереження логічного зв'язку між ними. Проте, зважаючи на свою архітектуру, стандартні RNN можуть стикатися з проблемою втрати контексту на довгих послідовностях, відомою як проблема зниклих градієнтів. Це означає, що інформація про початкові кроки може втрачатися, і це може негативно вплинути на здатність RNN розуміти довгострокові залежності.

З цією метою було розроблено покращені варіанти RNN, такі як Long Short-Term Memory (LSTM) та Gated Recurrent Unit (GRU). Ці архітектури мають спеціальні механізми, що допомагають уникнути проблеми зниклих градієнтів та зберігають довгострокові залежності. Взагалі, RNN і її покращені версії є потужними інструментами для аналізу та генерації послідовних даних, а також для завдань, де важлива залежність в часі.

Під час проектування додатку для формування тестових завдань з граматики англійської мови були встановлені такі функціональні вимоги:

1. Можливість отримання нового речення користувачем.
 2. Можливість отримання нового тестового питання користувачем.
 3. Можливість збереження отриманого речення користувачем.
-

4. Можливість налаштування температури генерації речень у визначених користувачем межах.

5. Можливість вибору однієї з доступних моделей для генерації речень та питань користувачем.

Додатково до функціональних вимог, були визначені такі нефункціональні вимоги до розроблюваної програми: додаток повинен бути написаний мовою Python 3; додаток повинен використовувати бібліотеку PyTorch для роботи з нейронною мережею, передбачені нейронні мережі для генерації речень та формат GIFT для збереження згенерованих питань.

Ці нефункціональні вимоги визначають технологічні та архітектурні обмеження для розробки додатку та визначають вимоги до мови програмування, бібліотеки і формату збереження даних.

Формат GIFT (General Import Format Technology) – це текстовий формат для зберігання тестових питань і відповідей. Цей формат може бути використаний для створення питань, що вимагають відповідей «так» або «ні», питань із вибором варіанта відповіді, питань, які потребують обчислень, і багатьох інших видів питань.

Був обраний формат питань із вибором варіанта відповіді з використанням формату GIFT. Цей формат дозволяє створювати різноманітні тестові питання з можливістю вибору правильної відповіді з різних варіантів.

Приклад питання у форматі GIFT з одним варіантом відповіді:

Що таке HTML?

{+ Гіпертекстова розмітка}

- Програмна мова

- Шифрувальний метод

- Інтернет-браузер

- {+ Гіпертекстова розмітка}

Приклад питання у форматі GIFT з багатьма варіантами відповідей:

Які з нижчеперелічених мов є програмними мовами?

{+ Java, Python}

- HTML

- CSS

- JavaScript

- C++

- {+ Java}

- {+ Python}

Питання у форматі GIFT містять речення з пропущеним місцем, а варіанти відповідей – можливі варіанти заповнення цього пропуску. Ці запитання можна використовувати в онлайн-тестуванні. Під час розробки генератора речень використовувалась мова графічного опису об'єктної моделі UML. Створена діаграма варіантів використання наведена на рисунку 1.

У межах розроблюваного додатку для формування тестових завдань з граматики англійської мови передбачено тільки одного користувача – актора, який виступає як особа, що користується функціями генератора речень.

Користувач може виконати наступні дії:

1. Отримати нове речення: користувач може запросити від генератора нову послідовність символів, яка буде представлена у вигляді речення.

2. Отримати нове питання: користувач може запросити від генератора нову послідовність символів, в якій відсутнє деяке слово, а також отримає варіанти для заміни цього відсутнього слова.

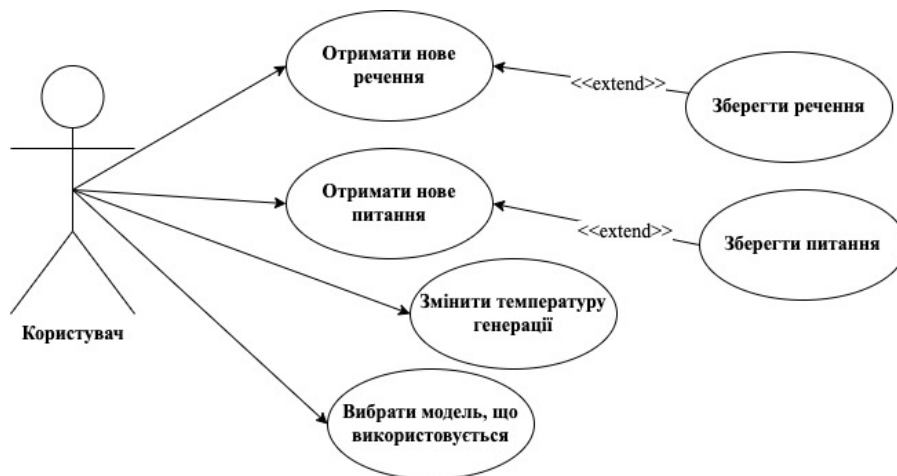


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

3. Зберегти речення: користувач може зберегти згенеровану послідовність символів у текстовий файл.

4. Зберегти запитання: користувач може зберегти згенероване запитання у текстовий файл у форматі GIFT.

5. Змінити температуру генерації: користувач може встановити значення температури, яке буде використовуватися генератором речень для створення тексту з різним стилем та тоном.

6. Вибрати модель: користувач може обрати одну з доступних попередньо навчених моделей для використання генератором.

Для основної функції додатку – отримання нового тестового питання – була створена діаграма діяльності (рис. 2). Варіант використання розпочинається з отримання нового речення, після чого в ньому проводиться пошук дієслова для заміни. Після того, як питання відображено користувачеві, його можна зберегти. Якщо результат генерації речення не підходить для створення тестового питання, відбувається генерація іншого речення.

Графічний інтерфейс було реалізовано у вигляді вікнового додатка з двома вкладками: «Вправи» для створення тестових питань та «Речення» для генерації текстових речень. Вкладка створення тестових питань зображена на рисунку 3.

На цій вкладці доступні такі елементи:

1. Текстове поле з текстом речення.
2. Поле для налаштування температури генерації.
3. Список для вибору моделі.
4. Текстове поле з варіантами заповнення пропуску в реченні.
5. Кнопка «Зберегти вправо» для збереження тестового питання у форматі GIFT.

6. Кнопка «Нова вправа» для запуску генерації нового питання.

Отже, було проведено проектування прототипу додатка із графічним інтерфейсом, який дозволяє користувачеві генерувати тестові питання. Задовільна швидкість роботи додатка на персональному комп'ютері підтверджує можливість його використання без необхідності застосування спеціального обладнання. Під час тестування основних функцій додатка була підтверджена його ефективність.

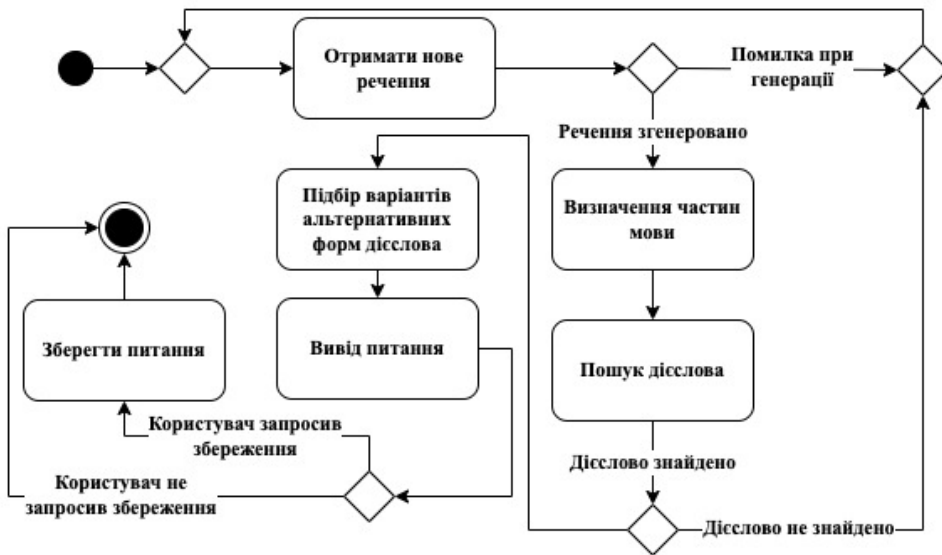


Рис. 2. Діаграма діяльності для варіанта використання «Отримати нове питання»

Створення тестових завдань з граматики англійської мови

Вправи Речення

She ??? tears in your eyes.

Налаштування температури генерації 0,5

Поле вибору моделі Present Simple

Варіанти заповнення пропуску в реченні

- sees
- see
- seeing

Зберегти вправу Нова вправа

Рис. 3. Вкладка генерації тестових питань

Висновки. В роботі описано розробку програмного продукту з метою створення тестових завдань з граматики англійської мови, що заснована на нейромережових технологіях, для автоматичної генерації тестових завдань з граматики англійської мови, що сприятиме покращенню процесу навчання та вивчення мови.

Було вивчено, порівняно та застосовано різні підходи до генерації тексту з використанням нейронних мереж, а також створено функціональний додаток для автоматичної генерації тестових завдань на англійській мові.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zavgorodniy V.V., Yalova K.M. Technologies and software of e-learning system program implementation. *Collection of scholarly papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences)*. 2016. Vol. 1 (28). P. 149–154.
2. Elsaadany A., Abbas K. Development and implementation of e-learning system in smart educational environment. *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*. 2016. P. 1004–1009. DOI: <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2016.7522286>
3. Завгородній В.В., Ялова К.М. Перспективи використання дистанційної освіти для навчання ІТ-студентів у Дніпродзержинському державному технічному університеті. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2015. Випуск 1 (90). Частина 2. С. 154–161.
4. Goldberg Y. *Neural Network Methods for Natural Language Processing*. Springer Cham. 2017. P. 292. ISBN 9783031021657. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-02165-7>
5. Patil V., Jaware T., Badgujar R. *Artificial Neural Network*. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2019. P. 52. ISBN-10: 6200093415.
6. Tai Y., He H., Zhang W., Jia Y. Automatic Generation of Review Content in Specific Domain of Social Network Based on RNN. 2018 IEEE Third International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). 2018. P. 601–608.
7. Cho K., Merriënboer B.V., Gülçehre Ç., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., Bengio Y. Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation. *In Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. 2014. P. 1724–1734. DOI: <https://doi.org/10.3115/v1/D14-1179>
8. Yoo J.Y., John Morris J., Lifland E., Qi Y. Searching for a Search Method: Benchmarking Search Algorithms for Generating NLP Adversarial Examples. *In Proceedings of the Third BlackboxNLP Workshop on Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP*. 2020. P. 323–332. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.blackboxnlp-1.30>

REFERENCES:

1. Zavgorodniy, V.V., Yalova, K.M. (2016). Technologies and software of e-learning system program implementation. *Collection of scholarly papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences)*. Vol. 1 (28). P. 149–154.
 2. Elsaadany, A., Abbas, K. (2016). Development and implementation of e-learning system in smart educational environment. *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*. P. 1004–1009. DOI: <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2016.7522286>
 3. Zavorodniy, V.V., Yalova, K.M. (2015). Perspektyvy vykorystannya dystantsiynoyi osvity dlya navchannya IT-studentiv u Dniprodzerzhyn'skomu derzhavnomu tekhnichnomu universyteti [Prospects for the use of distance education for training IT students at the Dniprodzerzhinsk State Technical University]. *Visnyk KrNU imeni Mykhayla Ostrohrads'koho – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU*, 1(90), 154–161. [in Ukrainian]
 4. Goldberg, Y. (2017). *Neural Network Methods for Natural Language Processing*. Springer Cham. P. 292. ISBN 9783031021657. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-02165-7>
 5. Patil, V., Jaware, T., Badgujar, R. (2019). *Artificial Neural Network*. LAP LAMBERT Academic Publishing. P. 52. ISBN-10: 6200093415.
 6. Tai, Y., He, H., Zhang, W., Jia, Y. (2018). Automatic Generation of Review Content in Specific Domain of Social Network Based on RNN. 2018 IEEE Third International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). P. 601–608.
-

7. Cho, K., Merriënboer, B.V., Gülçehre, Ç., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., Bengio, Y. (2014). Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation. *In Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. P. 1724–1734. DOI: <https://doi.org/10.3115/v1/D14-1179>

8. Yoo, J.Y., Morris, J., Lifland, E., Qi, Y. (2020). Searching for a Search Method: Benchmarking Search Algorithms for Generating NLP Adversarial Examples. *In Proceedings of the Third BlackboxNLP Workshop on Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP*. P. 323–332. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.blackboxnlp-1.30>

UDC 303.064

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.6>

THE MODEL OF INTELLIGENT ORCHESTRATION OF WEB SERVICES USING THE EXAMPLE OF STATISTICAL RESEARCH

Kasianchuk I. V. – Postgraduate Student

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

ORCID ID: 0009-0000-2215-149X

In organizations engaged in analytical research, the production process almost always involves statistical calculations, which serve as statistical functions of the business. The presence of tools for creating a service-oriented architecture raises questions about the development of publicly accessible means to perform such functions by assembling them into a specific plan or algorithm for solving a particular statistical task.

To implement such statistical programs, it is worth considering a service-oriented architecture for creating software services that implement the execution of statistical business functions, from which a statistical program can be composed using metadata. One notable feature of such architecture is the ability to distribute tasks according to a specific area of service responsibility, also known as a domain. This architecture employs an orchestrator – a main service to which requests are made directly by users, and from which the request should reach its intended recipient.

As noted in [1], orchestration becomes more complex with an increasing number of web services in an application. The main challenge lies in establishing the connection between new services, their tasks, responsibility zones, and the orchestrator. Often, such a change is not feasible without human intervention, particularly from a programming expert who needs to reprogram the main service, including deployment and configuration, which takes a significant amount of additional time.

As an alternative to hard-coded interaction between services, [1] explores an approach in which discovery occurs through intelligent orchestration. The core of this approach involves each service providing its semantic description, which the orchestrator analyzes during discovery, and according to which user requests are redirected.

This article provides an example of an approach to intelligent orchestration of services for conducting statistical research. Using the issue discussed in [2] as an illustration, the primary objective is to create an application for aggregating statistical data results over a specific time interval, incorporating intelligent service discovery to provide query-based result delivery.

Key words: service-oriented architecture, orchestration, statistical research.

Касьянчук І. В. Модель розумної оркестрації веб-сервісів на прикладі статистичних досліджень

У організаціях, що займаються аналітичними дослідженнями, виробничий процес майже завжди включає статистичні розрахунки, які є статистичними функціями бізнесу. Наявність інструментів для створення архітектури, орієнтованої на сервіси, викликає питання щодо розробки загальнодоступних засобів для виконання таких функцій, шляхом їх об'єднання в конкретний план або алгоритм для вирішення певної статистичної задачі.

Для реалізації таких статистичних програм варто розглянути сервіс-орієнтовану архітектуру, для створення програмних сервісів, які реалізують виконання статистичних бізнес-функцій, з яких можна скласти статистичну програму, використовуючи метадані. Особливістю такої архітектури є можливість розподілення завдань згідно певної області відповідальності сервісу, яку ще називають доменом. Такій архітектурі властиве використання оркестратора – головного сервісу, до якого виконується запит безпосередньо від користувача, та від якого запит має дістатися адресата.

Як зазначено у [1], оркестрація ускладнюється зі збільшенням кількості веб-сервісів в додатку. Основною проблемою є встановлення зв'язку між новими сервісами, їх задачами та зонами відповідальності, та оркестратором. Часто така зміна неможлива без втручання людини, яка є експертом в області програмування, якій потрібно перепрограмувати головний сервіс, включно з його розгортанням та налагодженням що забирає багато додаткового часу.

Як альтернативу жорсткому (hard-coded) кодуванню взаємодії між сервісами, в [1] розглянуто підхід згідно з яким виявлення відбувається за рахунок розумної оркестрації. Основою підходу є надання кожному з сервісів свого семантичного опису, який аналізується оркестратором при виявленні, та відповідно до якого запит перенаправляється від користувача.

У даній статті запропоновано приклад підходу до розумної оркестрації сервісів для виконання статистичних досліджень. На прикладі проблематики дослідження з [2], за мету головну взято створення додатку для агрегації результатів статистичних даних на проміжку часу, з розумним виявленням сервісу для надання результату за запитом.

***Ключові слова:** сервіс-орієнтована архітектура, оркестрація, статистичне дослідження.*

Introduction. With the increase in the scale of business systems and the volume of tasks addressed by such systems, the demands on software have also risen. As a result, the service-oriented architecture has gained prominence, decomposing a large monolithic application into several smaller services, each specialized in performing a specific task for the application.

An important challenge in designing a system with a service-oriented architecture is selecting the methods of interaction between services. Two classes of interaction methods are distinguished based on their types: orchestration and choreography. As the number of services in a system grows, the control logic becomes more complex, necessitating a flexible solution for establishing control over the system.

Managing a system with a large number of services, coupled with a significant number of business tasks and their scale, presents a non-trivial challenge that requires attention from the very stage of designing the system architecture.

Main part of the research. The approach proposed in [1] involves the use of semantic descriptions of services, which serve as the basis for determining the subsequent path of the query and processing the collected data. According to the authors' concept, services are divided into two groups: Semantic Registry Services (SRS) and Cloud Orchestrator Services (COS).

The role of SRS is to register data about the semantics of services in order to define the further query path. This group functions as a sort of knowledge base about services that belong to the COS category. When there are changes in semantics, administrators input these changes directly into this group. The main tasks of this group include:

- registering and describing services;
- configuring orchestration options;
- filtering and expanding services;
- automatic scaling;
- storing and defining workflows;
- extracting data from the knowledge base.

Additionally, this service includes a user interface for convenient interaction through a browser.

The task of the other COS group is to interpret the workflows defined using SRS. It also supports their execution, including providing intermediate results and handling errors. The COS group has access to the service knowledge base of SRS and includes tasks such as:

- deploying new and modified business process definitions;
- allocating and releasing memory in the cloud for process execution;
- automatic execution and termination of workflows;
- support for execution statistics and resource monitoring (memory, CPU time, etc.).

A crucial aspect of building an intelligent orchestration system is the thoughtfulness of ontological description contracts. The design must incorporate the notion that the orchestrator should be constantly available, and changing it to define a new contract entity is highly undesirable (Blue/Green deployment partially addresses the problem but doesn't bypass the human factor when developing a new version of the orchestrator).

A necessary condition for a contract is compatibility of the language through which intelligent services will interact with each other. Well-known and widely used solutions like WSDL, SOAP protocol, and UDDI registry have proven their worth in this field. However, for a local and small application, it's sufficient to select a format without unnecessary specifications. For instance, in this article, JSON format is proposed for interaction in the context of a statistical application.

To extract statistical data for a time period, an application will involve two main services and an orchestrator (Figure 1). The question of populating databases belonging to these services is not addressed in this article.

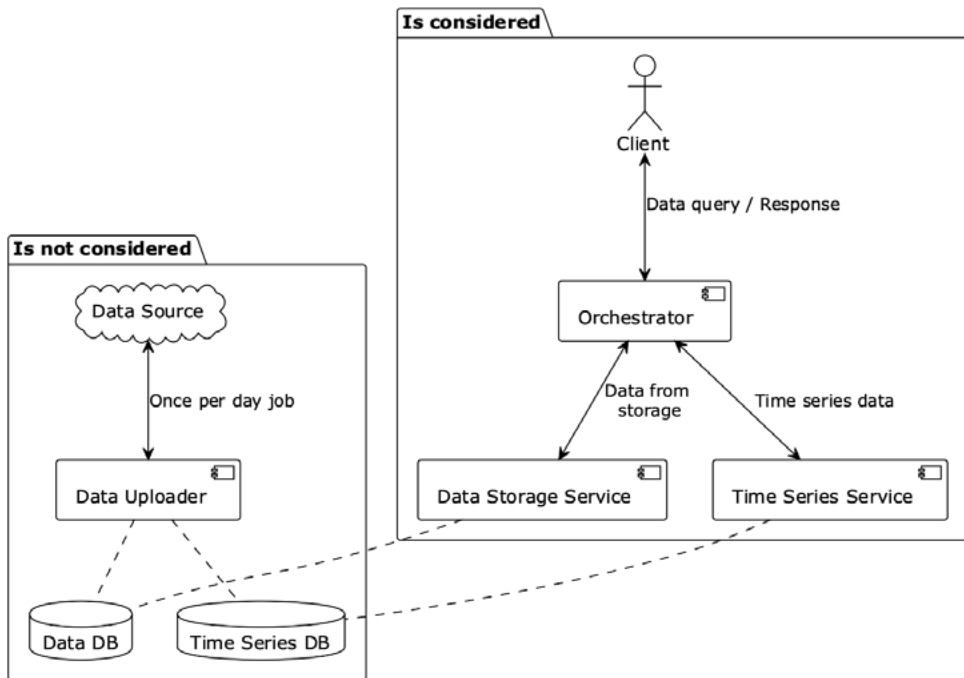


Fig. 1. Architecture of the application for extracting statistical data over time. This article does not cover the interaction between the data source and the database

The main purpose of the orchestrator is to divide the query based on service metadata, direct relevant queries to them, and aggregate the results.

In Figure 2, an example of metadata contract is presented, according to which intelligent discovery of service queries occurs. The idea is that a user provides a query with the data they expect to receive from the orchestrator. The query is then decomposed using information about registered services and executed sequentially. For example, to extract data about a statistical observation from the Data Storage service, identifiers of time periods are needed. The metadata of the service indicates that it is dependent

on the Time Series service, thus requiring the Time Series service to be queried first. After obtaining the necessary information from the Time Series service and validating it according to the schema, the intelligent orchestrator directs it to the data repository. As a result, the user receives aggregated query-specific data for further observations.

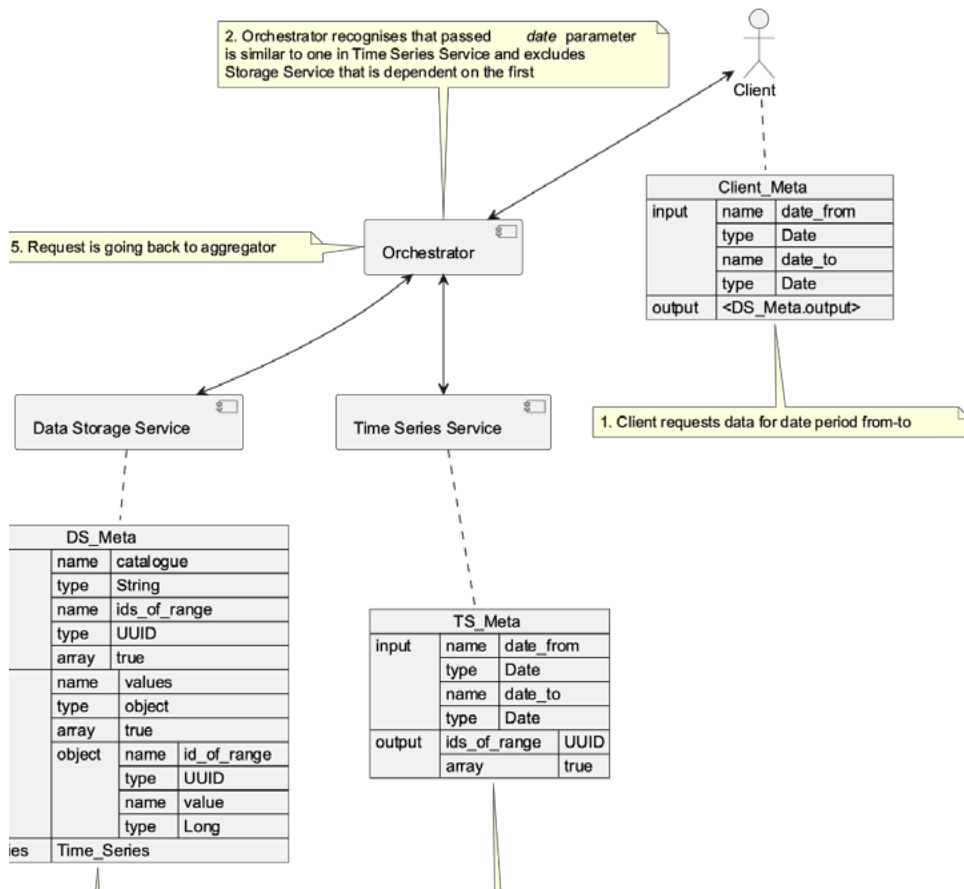


Fig. 2. Service Metadata for Obtaining Time-Sliced Information

Overall, the following fields can be distinguished in the service contract for obtaining statistical data:

- **input** – a list of input parameters for the service, including their names, data types, validation rules, and so on;
- **output** – the expected response from the service;
- **required** – determines whether the service needs to provide data. It indicates whether execution should stop in case of errors or absence of data;
- **dependencies** – a list of services that must be executed before the current service. This field allows building an execution graph for service requests;
- **version** – a number compared to the registered service description in the orchestrator. If it's different (usually higher), the old description is replaced with the provided one;

- **versionOfDependencies** – a list of associations in the format "dependency service name" = "version," needed in case the output data type of a dependent service changes;

- other additional fields depending on the task's specifics.

Another important aspect of orchestration is the correctness of service discovery. Since the contract of an individual service can be updated, it is necessary to validate it with each version change. This responsibility can be appropriately placed on the orchestrator, which has information about all services. Validation is proposed to be carried out based on the following criteria:

- **parameter names:** output parameters of a service must have names distinct from input parameters. Violating this rule can lead to parameter overlap in the orchestrator, resulting in incorrect execution of logic;

- **data types of parameters:** The output data types of services should match their corresponding input types. This rule leads to an issue when updating the contracts of two services simultaneously, where the input parameter of one becomes the output parameter of another. This scenario might require considering a mechanism to lock the contract's action using the `versionOfDependencies` parameter;

- input data of a non-optional service should not solely depend on the output parameters of optional services. It is necessary to account for a situation where all optional services return an error (no results), which means the mandatory service won't receive any input data.

Another advantage of a web service system with ontology-based orchestration is the possibility of parallelizing processes. Independent services can process information without waiting for results from others, which significantly improves execution time in multi-stage processes.

Further Research. The provided architecture example covers only a partial case of constructing a process for extracting statistical data over time. The list of potential improvements and research is not limited due to the diverse requirements of any information system. Among the issues not mentioned in this study, the following are worth highlighting:

- implementation of an aggregator for collected data from various services before returning the result;

- database population (data segregation) from data sources;

- implementation of service scalability, including parallel execution of algorithms on data;

- fault tolerance – orchestrator behavior in case of failure of a web service, including maintaining communication with it;

- process of updating the orchestrator's codebase;

- writing real data processing algorithms.

Conclusions. This article has presented an architecture example of intelligent service orchestration using the case of obtaining statistical data over time. The solution for service interaction through an orchestrator and the protocol for information exchange via metadata have been described.

Further research will explore expanding the system's capabilities for more complex data processing algorithms, as well as addressing other aspects such as fault tolerance, scalability, orchestrator updates, and more.

BIBLIOGRAPHY:

1. A. Petrenko and B. Bulakh, "Intelligent Service Discovery and Orchestration," 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), Kyiv, Ukraine, 2018, pp. 1–5, doi: 10.1109/SAIC.2018.8516723.
2. Lumpova, T., & Kasianchuk, I. (2023). Finding a conceptual approach to developing an architecture of general-purpose services for economic researches. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(4(71)), 25–31. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.283983>
3. Лумпова Т. І. Перспективи створення статистичних сервісів загального користування для економічних досліджень / Т. І. Лумпова, І. В. Касьянчук. 2023. № 33. С. 26–39.

REFERENCES:

1. A. Petrenko and B. Bulakh (2018) "Intelligent Service Discovery and Orchestration", 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC), Kyiv, UKRAINE, pp. 1–5, doi: 10.1109/SAIC.2018.8516723.
2. Lumpova, T., & Kasianchuk, I. (2023). Finding a conceptual approach to developing an architecture of general-purpose services for economic researches. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(4(71)), 25–31. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.283983>
3. Lumpova T. I. (2023) Perspektivyv stvorennia statystychnykh servisiv zahalnoho korystuvannia dli ekonomichnykh doslidzhen / T. I. Lumpova, I. V. Kasianchuk. № 33. p. 26–39.

УДК 004.8:004.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.7>

АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АСИСТЕНТА СЛУЖБИ ЮРИДИЧНОЇ ПІДТРИМКИ

Москаленко В. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0000-0002-9994-5404

Scopus-Author ID: 36021571200

Researcher ID: R-9960-2018

Вербатто К. Є. – магістрант спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0009-0007-5491-1749

В умовах Індустрії 5.0 здійснюється взаємодія людей та інтелектуальних систем у виробничій та професійній сфері, а також у приватному житті. Цифрові технології служать для вирішення завдань підвищення ефективності та продуктивності товарів і послуг, для підтримки й покращення якості життя людей. Однією з таких технологій є технологія цифрового двійника (англ. – Digital Twin). Цифрові двійники дозволяють вирішувати багато складних проблем, наприклад, спрощувати процес промислового проектування; порівнювати між собою різні проекти; створювати та доповнювати технічні відомості для правильної експлуатації об'єкта; виявляти відхилення та прогнозувати збої у роботі різних за складністю приладів; скоротити витрати у логістиці та виробництві, підвищити ефективність персоналу.

Розробка та впровадження технологій штучного інтелекту актуальна не лише для основних бізнес-процесів, але і для підтримуючих процесів, наприклад, для юридичного супроводу діяльності підприємства.

Наведено дослідження щодо використання технологій штучного інтелекту у юридичній сфері. Було зроблено висновки щодо актуальності розробки цифрового двійника для автоматизації юридичної підтримки різних процесів підприємства.

Сформовано постановку задачі розробки інтелектуального асистента, використовуючи технологію цифрового двійника, для інформаційного забезпечення та виконання певних завдань юридичної служби виробничого підприємства. Запропоновано реалізувати наступні завдання: підготовка та аналіз документації; консультування з правових питань; перевірка документації на відповідність законодавству; аналіз судових рішень для підготовки обґрунтованих рекомендацій.

Розроблено архітектуру програмної системи, яка реалізує цифрового двійника – інтелектуального асистента. До основних компонент системи відносяться: інтерфейс користувача; модуль обробки мови для аналізу тексту та генерації відповідей; модуль збору та аналізу даних; модуль генерації документів та відповідей; модуль інтеграції для взаємодії між різними компонентами системи.

Отже, інтелектуальний асистент може надавати юридичну підтримку, використовуючи технологію цифрового двійника, моделюючи роботу юриста. Запропоновано використовувати технології обробки природної мови NLP (англ. – Natural Language Processing) та алгоритми машинного навчання.

Ключові слова: юридичний супровід, цифровий двійник (Digital Twin), машинне навчання, моделювання, програмні компоненти.

Moskalenko V. V., Verbato K. E. Architecture of the software system for intelligent assistant of legal support service

In the context of Industry 5.0, there is an interaction between humans and intelligent systems in the manufacturing and professional domains, as well as in private life. Digital technologies serve to address the challenges of improving the efficiency and productivity of goods and services.

to support and enhance the quality of human life. One such technology is the Digital Twin. Digital Twins allow the resolution of many complex issues, such as simplifying the industrial design process; comparing various projects; creating and supplementing technical data for the proper operation of an object; detecting deviations and predicting malfunctions in variously complex devices; reducing costs in logistics and manufacturing, and enhancing staff efficiency.

The development and implementation of artificial intelligence technologies are relevant not only for core business processes but also for support processes, for instance, for the legal support of company operations.

Research on the use of artificial intelligence technologies in the legal field has been presented. Conclusions were drawn on the relevance of developing a Digital Twin for the automation of legal support for various company processes.

The task of developing an intelligent assistant using the Digital Twin technology has been outlined for informational provision and execution of specific tasks of the legal service of a manufacturing company. It is proposed to implement the following tasks: preparation and analysis of documentation; consulting on legal issues; checking documentation for compliance with legislation; analyzing court decisions to prepare substantiated recommendations.

The architecture of the software system that implements the Digital Twin – an intelligent assistant – has been developed. The main components of the system include: user interface; language processing module for text analysis and response generation; data collection and analysis module; document and response generation module; integration module for interaction between different system components.

Therefore, the intelligent assistant can provide legal support using the Digital Twin technology, simulating the work of a lawyer. It is proposed to utilize Natural Language Processing (NLP) technologies and machine learning algorithms.

Key words: legal support, Digital Twin, machine learning, modeling, software components.

Вступ. Сучасний світ переживає період стрімких змін через розвиток цифрових технологій. Індустрія 4.0, відома також як четверта промислова революція, характеризується інтеграцією технологій інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (англ. Artificial Intelligence, AI), хмарних технологій та автоматизації в виробничі та бізнес процеси. При цьому стрімке зростання людських можливостей і потреб веде до необхідності впровадження нового більш гнучкого підходу, який реалізується в концепції Індустрії 5.0. Основна ідея Індустрії 5.0 полягає в гармонічній взаємодії людей та інтелектуальних систем в реальному часі, де технології служать для підтримки та покращення якості життя людей.

Ця трансформація актуальна не лише для основних бізнес-процесів, але і для підтримуючих процесів, наприклад, для юридичного супроводу діяльності підприємства. Підтримуючі процеси юридичного напрямку включають такі завдання, як підготовка, перевірка та аналіз документів, аналіз діючого законодавства, обробку запитань та підготовку обґрунтованих відповідей. Вони потребують значного часу та уваги спеціалістів. Втім, впровадження AI може суттєво полегшити цей процес, автоматизуючи рутинні завдання, оптимізуючи прийняття рішень та підвищуючи продуктивність роботи.

Серед очікуваних переваг використання AI у підтримуючих процесах можна відмітити чотири основних.

1. Підвищення продуктивності спеціалістів служби юридичної підтримки через автоматизацію надання відповідей на типові запити.

2. Підвищення точності та обґрунтованості відповідей через можливість охоплення ширшої (розподіленої) бази інформаційного пошуку та нівелювання ризику «ментальних пасток» при прийнятті рішення.

3. Підвищення ефективності та оперативності процесу прийняття рішень. Застосування AI допоможе швидко проаналізувати великі обсяги даних та виділити ключові інформаційні елементи, на яких доцільно зосередитися при прийнятті рішення.

4. Автоматизація повсякденних стандартних процесів дозволить оптимізувати використання ресурсів підприємства, зокрема, час та навантаження співробітників.

Таким чином, інтеграція штучного інтелекту до підтримуючих бізнес-процесів, таких як юридичний супровід, може стати важливим кроком у реалізації концепції Індустрії 5.0.

Постановка задачі. Юридична служба є невід'ємною частиною більшості організацій та підприємств. Вона займається різноманітними завданнями, включаючи підготовку та аналіз документації, консультування щодо правових питань, представництво інтересів організації в судових та адміністративних органах. Завдання, покладені на юридичну службу, вимагають від юристів високої кваліфікації, уваги до деталей, а також здатності швидко обробляти велику кількість інформації. Однак, традиційні підходи до юридичного супроводу часто виявляються неефективними, оскільки вони залежать від людського фактору, що може призвести до помилок, затримок та надмірного навантаження на спеціалістів.

У таких умовах актуалізується питання автоматизації та оптимізації бізнес-процесів юридичного супроводу. Однією з можливих стратегій вирішення цього питання є розробка цифрового двійника, який буде використовувати технології штучного інтелекту для автоматизації базових завдань, аналізу даних та підтримки прийняття рішень. Це може включати в себе автоматичне заповнення форм, аналіз правових документів на наявність помилок або невідповідності, аналіз схожих судових рішень для підготовки обґрунтованих рекомендацій тощо.

Використання AI при автоматизації процесу надання юридичних послуг (консультацій, документів) дозволить не тільки знизити ризик хибних рішень, але й пришвидшить процес. Інтеграція штучного інтелекту в Digital Twin зможе спростити та оптимізувати роботу співробітників юридичної служби, забезпечивши при цьому підвищення якості наданих послуг та ефективність використання ресурсів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченню методів та областей використання цифрового двійника присвячені роботи багатьох вчених, таких як С. Грінгард [1], М. Грівз [2; 3], Е. Негрі, Д. Хіллел, Д. Ессекс [4] та інші.

Вперше концепцію цифрового двійника представив Майкл Грівз у 2002 році, запропонувавши модель, яка в подальшому стала основою управління життєвим циклом продукту [1]. Зроблено висновок, що у найближчі роки цифрові двійники будуть впроваджені у банківському секторі, у сфері нерухомості, роздрібній торгівлі та страхуванні, а також у сфері комунальних послугах, транспорті та міських ініціативах.

Майкл Грівз у своїх дослідженнях [2] зазначає можливість та доцільність використання цифрового двійника для визначення стану обладнання, надання відповідей на будь-який запит. Однак справжня перевага цифрового двійника матеріалізується, коли всі аспекти, від дизайну до подачі даних у реальному часі, об'єднуються для оптимізації протягом усього терміну служби активу.

Міжнародна рада системних інженерів (INCOSE) у публікації «Книга знань системної інженерії (SEBoK)» [5, с. 39] вказує на те, що цифровий двійник – це високоточна модель, яка фактично може бути використана для емуляції фізичної або фактичної системи.

Цифровий двійник – це віртуальне представлення сутності або процесу реального світу [4]. Він складається з наступних трьох елементів:

- фізична особа в реальному просторі;

- цифровий двійник у програмному вигляді;
- дані, які пов'язують перші два елементи.

Цифрове представлення або цифрова модель може складатися з бази даних, набору рівнянь або електронної таблиці. Канал передачі даних, часто, але не обов'язково двосторонній, є тим, що відрізняє цифрових близнюків від подібних концепцій. Цей зв'язок дає змогу користувачам досліджувати стан об'єкта чи процесу, запитуючи дані, і дії, які передаються через цифровий двійник, починають діяти у фізичному аналогу.

Вперше цифровий двійник згадувався в космічній та оборонній промисловості США, орієнтовно 20 років тому. Але на сьогодні цифрові двійники стали однією з ключових технологій у багатьох сферах [6]. Ідеї використання цифрових двійників активно розвиваються і на ринку вітчизняних цифрових технологій. Цифрові двійники успішно впроваджуються в управління ланцюжками постачання, у ритейлі та медицині. Отже, технологія цифрових двійників тільки починається розвиватися.

Юридичні компанії використовують технологію цифрових двійників для підвищення якості юридичних послуг, оптимізації процесів аналізу даних. Таку технологію також використовують для зменшення витрат, які пов'язані з веденням юридичних документів, моніторинг безпеки конфіденційних документів, надання консультаційних послуг та ін.

У статті [7] автори висвітлюють перспективи використання штучного інтелекту в юриспруденції. Зокрема, відзначається великий вплив ChatGPT на процеси у юридичній сфері [8]. Технології штучного інтелекту можуть значно покращити юридичну галузь, зробивши її більш ефективною та рентабельною [9, 10].

Не дивлячись на усі переваги таких технологій є й певні ризики, які пов'язані з безпекою та захистом прав користувачів цифрових технологій. Використання штучного інтелекту потребує правової підтримки [11]. Тільки ефективне правове регулювання забезпечить збалансований підхід до використання технологій штучного інтелекту в Україні.

Можна зробити висновок, що у багатьох сферах є великі перспективи використання AI, у тому числі й технології цифрових двійників. Прогнозується стрімке зростання попиту на відповідне програмне забезпечення.

Отже, проєктування та розробки цифрового двійника у юридичній сфері є актуальною задачею.

Метою дослідження є підвищення якості, вдосконалення та оптимізації процесів у сфері юридичної підтримки на основі формування рекомендацій цифровим двійником.

Методи та предмет дослідження. Методи дослідження включають системний аналіз потреб юридичних служб, аналіз існуючих програмних рішень та інформаційних технологій у юридичній сфері, моделювання бізнес-процесів, технології проєктування програмних систем.

Об'єктом дослідження є процеси юридичної підтримки та існуючі технологічні рішення у юридичній сфері.

Предметом дослідження є розробка програмної системи автоматизації роботи спеціалістів служби юридичної підтримки підприємства як цифрового двійника.

Архітектура програмної системи – цифрового двійника. Розглянемо цифрового двійника як програмну систему для автоматизації роботи спеціалістів служби юридичної підтримки великого розподіленого підприємства. Для вирішення різноманітних завдань, таких як автоматичне заповнення форм, аналіз правових

документів, підтримка прийняття рішень тощо будемо використовувати технології штучного інтелекту. Користувачами цифрового двійника будуть юристи, співробітники підприємства, яким потрібна юридична допомога, юридичні консультанти, клієнти юридичних компаній та інші.

Розглядаються такі основні завдання служби юридичної підтримки:

- підготовка та аналіз документації;
- консультування з правових питань;
- перевірка документації на відповідність законодавству;
- аналіз судових рішень для підготовки обґрунтованих рекомендацій.

У процесі проєктування програмної системи було розроблено бізнес-процеси для виконання таких завдань. Як приклад, на рис. 1 представлено бізнес-процес обробки юридичних запитів користувачів в межах консультування їх з правових питань у нотатції BPMN (англ. – Business Process Model and Notation).

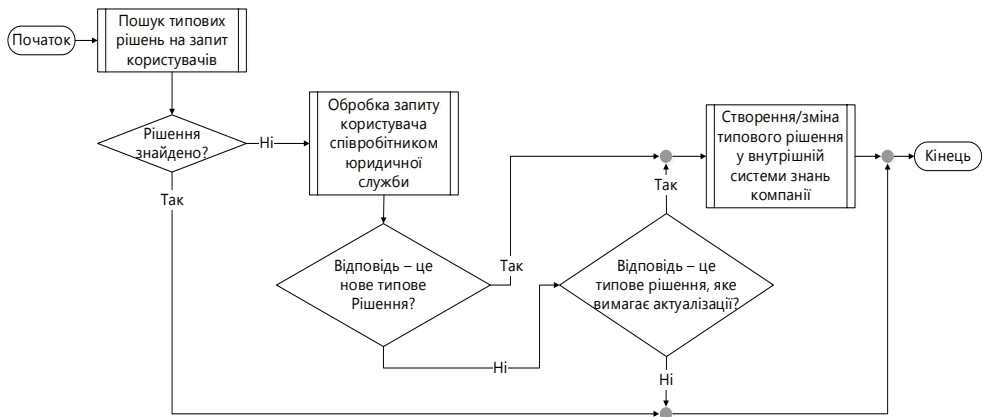


Рис. 1. BPMN схема процесу обробки юридичних запитів користувачів

Передбачається розробка цифрового двійника для підтримки розроблених процесів у вигляді веб-сервісу та мобільного додатку.

Запропоновано архітектуру системи для автоматизації юридичної підтримки, яка складається з п'яти модулів.

1. Інтерфейси користувача для веб-сервісу та мобільного додатку. Також передбачається робота с додатком через месенджери.

2. Модуль обробки мови для аналізу тексту та генерації відповідей. Модуль використовуватиме технології NLP [12] та алгоритмів машинне навчання для аналізу запитів користувача та генерації відповідей.

3. Модуль збору та аналізу даних, який дозволить акумулювати юридичні документи, закони, прецеденти, запитання та стандартні відповіді на них, виявляти корисну інформацію, використовуючи технології Big Data та методи інтелектуального аналізу даних.

4. Модуль генерації документів та відповідей здійснює автоматичну генерацію документів на основі аналізу даних та потреб користувача. Можуть використовуватися шаблони документів, ранжованих відповідей на запитання, які найчастіше подаються, також заповнювати документи даними, які є результатом роботи модуля збору та аналізу даних.

5. Модуль інтеграції для взаємодії між різними частинами системи та зовнішніми сервісами на основі API (англ. – Application Programming Interface).

Висновки. В контексті юридичної підтримки, впровадження цифрового двійника доцільно для автоматизації роботи юриста при виконанні рутинних завдань. Цифровий двійник буде взаємодіяти із базою даних, що містить необхідну нормативну та історичну інформацію про юридичні справи, документи, прецеденти та іншу корисну інформацію, проводити автоматичний аналіз справ, генерацію документів та відповідей на типові запитання співробітників.

Для навчання цифрового двійника можуть бути використані алгоритми класифікації для аналізу юридичних документів та визначення їх категорій, алгоритми регресії для прогнозування результатів справ на основі історичних даних, алгоритми збільшення даних для генерації нових даних на основі існуючих. Крім того, доцільно забезпечити інтеграцію двійника з іншими системами, які використовуються в організації. Наприклад, з системою документообігу, системою управління завданнями або системою управління відносинами з клієнтами (англ. – Customer relationship management, CRM).

Для успішного впровадження цифрового двійника доцільно провести ретельний аналіз вимог, залучивши есі зацікавлені сторони (стейкхолдерів), детально описати ці вимоги, а потім перейти до етапів проектування та розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Greengard S. Digital Twins Grow Up. URL: <https://cacm.acm.org/news/238642-digital-twins-grow-up/fulltext>
2. Grieves M. Can the digital twin transform manufacturing. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/can-the-digital-twin-transform-manufacturing/>
3. Grieves M. Physical Twins, Digital Twins, and the Apollo Myth. URL: https://www.researchgate.net/publication/365872057_Physical_Twins_Digital_Twins_and_the_Apollo_Myth
4. Essex D. What is a digital twin and how does it work? URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/digital-twin>
5. INCOSE, Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.8. 2023. С. 1092. URL: https://sebokwiki.org/w/images/sebokwiki-farm!w/0/0a/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge.pdf
6. Як використовувати технологію. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojniov-v-biznese>
7. Білик П. Штучний інтелект в юриспруденції: очікується стрімке зростання. URL: <https://speka.media/stucnii-intelekt-v-yurisprudenciyi-ocikujetsya-strimke-zrostannya-9w8w39>
8. Марчук С. Штучний інтелект у юридичному бізнесі: чи варто боятися Chat GPT? URL: <https://pravo.ua/shtuchnyi-intelekt-u-iurydychnomu-biznesi-chy-var-to-boiatysia-chat-gpt/>
9. Кривицький Ю. В. Штучний інтелект як інструмент правової реформи: потенціал, тенденції та перспективи. *Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ*. 2021. № 2 (119). С. 90–101.
10. Сидорович Р. Штучний інтелект: нова ера чи кінець юридичної професії? URL: <https://jur-gazeta.com/publications/practice/informaciyne-pravo-telekomunikaciyi/shtuchnij-intelekt-nova-era-chi-kinec-yuridichnoyi-profesiyi.html>
11. Барбашин С. Штучний інтелект: правове регулювання в Україні та ЄС. URL: <https://barbashyn.law/statti/shtuchnyj-intelekt-pravove-regulyuvannya-v-ukrayini-ta-yes/>
12. What is natural language processing (NLP)? URL: <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>

REFERENCES:

1. Greengard S. Digital Twins Grow Up. URL: <https://cacm.acm.org/news/238642-digital-twins-grow-up/fulltext>
 2. Grieves M. Can the digital twin transform manufacturing. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/can-the-digital-twin-transform-manufacturing/>
 3. Grieves M. Physical Twins, Digital Twins, and the Apollo Myth. URL: https://www.researchgate.net/publication/365872057_Physical_Twins_Digital_Twins_and_the_Apollo_Myth
 4. Essex D. What is a digital twin and how does it work? URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/digital-twin>
 5. INCOSE, Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.8. 2023. C. 1092. URL: https://sebokwiki.org/w/images/sebokwiki-farm!w/0/0a/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge.pdf
 6. How to use the technology. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojniov-v-biznese>
 7. Bilyk P. Artificial Intelligence in Jurisprudence: Rapid Growth Anticipated. URL: <https://speka.media/stucnii-intelekt-v-yurisprudenciyi-ocikujetsya-strimke-zrostannya-9w8w39>
 8. Marchuk S. Artificial Intelligence in Legal Business: Should We Fear Chat GPT? URL: <https://pravo.ua/shtuchnyi-intelekt-u-iurydychnomu-biznesi-chy-var-to-boiaty-sia-chat-gpt/>
 9. Krivitsky Yu. V. Artificial Intelligence as a Tool for Legal Reform: Potential, Trends, and Prospects. Scientific Bulletin of the National Academy of Internal Affairs. 2021. № 2 (119). C. 90–101.
 10. Sidorovich R. Artificial Intelligence: A New Era or the End of the Legal Profession? URL: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/informaciyne-pravo-telekomunikaciyi/shtuchniy-intelekt-nova-era-chi-kinec-yuridichnoyi-profesiyi.html>
 11. Barbashyn S. Artificial Intelligence: Legal Regulation in Ukraine and the EU. URL: <https://barbashyn.law/statti/shtuchnyj-intelekt-pravove-regulyuvannya-v-ukrayini-ta-yes/>
 12. What is natural language processing (NLP)? URL: <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>
-

УДК 591.6:658.7

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.8>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАКУПІВЕЛЬНИХ ДАНИХ

Москаленко В. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0000-0002-9994-5404

Scopus-Author ID: 36021571200

Researcher ID: R-9960-2018

Кріпак С. А. – магістр кафедри цифрових технологій
та проектно-аналітичних рішень

Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0009-0004-4452-5834

Стаття присвячена дослідженню методів машинного навчання, які можуть бути використані для аналізу та прогнозування закупівельних даних. Закупівельні процеси є важливою та невід'ємною частиною функціонування різних бізнес-структур та організацій. Налагодження та реалізація таких процесів забезпечує необхідними ресурсами, матеріалами та послугами діяльність компанії та сприяє досягненню її головних бізнес-цілей. В умовах швидкоплинної мінливого ринкового середовища та світової економіки для більшості компаній актуальними задачами є аналіз закупівельних даних великих обсягів та прогнозування параметрів закупівельних процесів для своєчасного реагування на виникаючі ринкові умови та для прийняття ефективних управлінських рішень. За останні роки зі зростанням обсягів закупівельних даних машинне навчання стало перспективним інструментом для обробки, аналізу та інтерпретації інформації, а також для розв'язання інших задач, які пов'язані з управлінням закупівельними процесами компанії. Розробка та впровадження у контур управління логістичними процесами програмних систем, які реалізують різні методи машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних, значно прискорити та спростити процеси прийняття рішень щодо придбання послуг та матеріалів, а також забезпечить високу якість цих рішень. Практична цінність дослідження полягає у наданні рекомендації щодо використання методів машинного навчання для розв'язання складних задач, які виникають при управлінні закупівельними процесами. Наведено результати аналізу переваг та недоліків таких методів машинного навчання, як кластерний аналіз, класифікація, регресійний аналіз, генетичні алгоритми та глибоке навчання. Правильний вибір методу машинного навчання для розв'язання задач аналізу та прогнозування даних щодо закупівельних процесів допоможе досягти високої точності та ефективності аналітичних результатів у системі інтелектуального управління логістичними операціями.

Ключові слова: аналіз, прогнозування, машинне навчання, кластерний аналіз, класифікація, регресійний аналіз, генетичний алгоритм, глибоке навчання.

Moskalenko V. V., Kripak S. A. Research of machine learning methods for the analysis and forecasting of procurement data

The article is dedicated to the examination of machine learning methods that can be applied for the analysis and forecasting of procurement data. Procurement processes are an essential and integral part of the operation of various business structures and organizations. The establishment and implementation of such processes provide necessary resources, materials, and services to support a company's operations and contribute to achieving its primary business goals. In the rapidly changing market environment and global economy, most companies face the crucial tasks of analyzing vast volumes of procurement data and predicting the parameters of procurement processes. This is essential for timely responses to evolving market conditions and making effective management decisions. In recent years, with the growth of procurement data volumes, machine learning has become a promising tool for processing, analyzing, interpreting information, and addressing other challenges related to procurement process management.

The development and implementation of software systems within logistics management that utilize various machine learning methods for the analysis and forecasting of procurement data can significantly expedite and streamline decision-making processes concerning the acquisition of services and materials. Moreover, it can ensure the high quality of these decisions. The practical value of the research lies in providing recommendations for the utilization of machine learning methods to tackle complex challenges that arise in the management of procurement processes. The article presents an analysis of the advantages and disadvantages of machine learning methods, such as cluster analysis, classification, regression analysis, genetic algorithms, and deep learning. Selecting the appropriate machine learning method for addressing data analysis and forecasting tasks related to procurement processes can lead to high accuracy and effectiveness in analytical results within the intelligent logistics management system.

Key words: *analysis, forecasting, machine learning, cluster analysis, classification, regression analysis, genetic algorithm, deep learning.*

Постановка задачі. У сучасній ринковій економіці для досягнення поставлених цілей бізнесу на перше місце постає задача швидкого отримання та аналізу релевантної інформації, на основі якої своєчасно приймаються управлінські рішення. Закупівельні процеси не є виключенням і супроводжуються значною кількістю даних, таких як: номенклатура матеріалів та послуг, що закуповуються; дата, коли ці матеріали чи послуги мають бути закуплені чи надані; вартість та необхідна кількість матеріалів/послуг; перелік постачальників, що здійснюють постачання матеріалів/послуг; строки поставки; мінімальні партії; одиниці виміру; необхідні ресурси для організації закупівель тощо. Також важливо відмітити, що закупівельні дані накопичуються роками і з часом можуть досягати велетенських обсягів, що значно ускладнює їх обробку. Зазвичай процес отримання необхідних даних для аналізу та прийняття управлінських рішень із існуючої сукупності закупівельних даних здійснюється аналітиком з таких джерел, як: звіти з систем обліку організації (бухгалтерського, управлінського тощо); зведені таблиці даних у табличних процесорах (Excel, LibreOffice Calc, Google Таблиці) та ін. Для роботи з такими даними аналітик витрачає багато часу та зусиль. Результати часто залежать від досвіду аналітика роботи з такими системами, його завантаженості та ін. Все це значно впливає на якість отриманих даних. Також основні зусилля витрачаються на підготовку даних, оскільки часто вони неповні або помилкові внаслідок обмежень системи обліку та людського фактору. Тому є проблема у розробці та перевірки моделей аналізу даних.

Отже, дуже важливим та актуальною задачею для організації ефективної закупівельної діяльності є отримання якісної інформації із закупівельних даних, своєчасна її обробка і аналіз для прийняття управлінських рішень щодо вибору постачальника, прогнозування обсягів закупок, необхідних ресурсів для забезпечення постачання та строків.

Для ефективної обробки даних та їх аналізу здебільшого використовують методи машинного навчання (Machine Learning – ML) [1]. Машинне навчання – це підгалузь штучного інтелекту, яка дозволяє:

- набувати знання щодо предметної області (у нашому випадку – процес закупівлі) шляхом використання алгоритмів виявлення закономірностей у закупівельних даних;
- розв’язувати задачі управління закупівельними процесами на основі створених моделей навчання на «історичних» даних тощо.

Отже, постає задача вибору методів машинного навчання для аналізу закупівельних даних з метою пошуку ключових закономірностей та для здійснення точних прогнозів щодо закупівельних операцій задля побудови адекватних планів закупівельної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день питанням використання моделей та алгоритмів машинного навчання у сфері постачання та закупівель присвячені роботи відомих зарубіжних та вітчизняних вчених, таких як В. Терещенко, А. Бугайов [1], А. Жиркова, О. Ігнатенко [2], Р. Резниченко, Л. Тимашова [3], К. Кононова [4], А. Мальцев [5], А. Чжан, З. Ліптон, М. Лі, А. Смола [6] та ін.

Наприклад, у дослідженні [1] розглядаються сучасні методи машинного навчання у контексті обробки великих даних, розглянуті основні проблеми машинного навчання та наведені їх переваги в конкретному середовищі великих даних. Автори роботи [3] дослідили використання таких методів: генетичного алгоритму для вирішення проблем з закупівельними операціями; методів електронного управління ланцюгів поставок; використання мови запитів DQQL для оптимізації рішень щодо закупівлі товарів. У роботі [7] автор розглядає приклади використання штучного інтелекту в області закупівлі та аналізу переваги різних методів. У статті [8] її автори досліджують загальний вплив штучного інтелекту на функцію закупівлі, наводять приклади використання методів штучного інтелекту в закупівельних операціях та для підтримки переговорних процесів.

Отже, на основі проведеного аналізу вище наведених досліджень та інших наукових робіт можна зробити висновок, що використанню методів штучного інтелекту для розв'язання бізнес-задач у сфері закупівельної логістики приділяється багато уваги. Проте, питанню використання методів машинного навчання та інших математичних методів для розв'язання задач з управління закупівельною діяльністю великих компаній з географічно розподіленою структурою, науковцями не приділено уваги. Отже, є актуальними дослідження щодо розв'язання задач аналізу великих обсягів закупівельних даних з використанням методів машинного навчання, а також використання результатів такого аналізу для прогнозування показників процесу закупівлі.

Метою дослідження є вдосконалення процесів управління закупками та постачанням на основі застосування обґрунтованих методів машинного навчання для аналізу закупівельних даних та прогнозування показників закупівельних операцій.

Методи, предмет та об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес підготовки та обробки даних для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері закупівлі.

Предметом дослідження є методи та моделі машинного навчання для підготовки та обробки даних для прийняття ефективних управлінських рішень в сфері закупівлі.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу та прогнозування закупівельних даних можуть використовуватися різні методи машинного навчання, зокрема:

- кластерний аналіз (Clustering). Метод допомагає групувати схожі об'єкти разом без визначення попередньої категорій. Використання кластерного аналізу у закупівельній діяльності дозволяє ідентифікувати сегменти постачальників, групи закупок з подібними характеристиками тощо;

- класифікація (Classification). Метод віднесення об'єкту до певної категорії. Наприклад, така класифікація закупівельних даних: «проста закупівля», «звичайна закупівля» та «складна закупівля». Зазвичай категорії для класифікації утворюються у відповідності до діючої системи та закупівельної політики організації. Категорії також можуть бути визначені за результатами кластерного аналізу;

– регресійний аналіз (Regression). Метод застосовується для прогнозування числових значень на основі існуючих та згенерованих на їх основі, змінних. Наприклад, можна використовувати регресійний аналіз для прогнозування вартості, обсягів, трудомісткості закупки тощо;

– генетичний алгоритм (Genetic Algorithm). Евристичний алгоритм пошуку, що використовується для розв'язання задач оптимізації на основі моделювання випадкового підбору, комбінування і варіації параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію [3]. Використання генетичного алгоритму може розв'язати комбінаторні задачі та задачі оптимізації закупок, припускаючи, що закупівельна система певним чином є результатом еволюційного процесу.

Кожен метод машинного навчання має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при його виборі для конкретної задачі аналізу або прогнозування закупівельних даних (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів машинного навчання

Метод	Переваги	Недоліки
Кластерний аналіз (Clustering)	- дозволяє виявити приховані залежності, аномалії та структури в наборах даних; - сегментація та групування даних за спільними ознаками.	- вибір кількості кластерів може бути складним завданням, залежить від вибору алгоритму та початкових параметрів; - чутливість до шуму та викидів у даних.
Класифікація (Classification)	- ефективність у розв'язанні задач з поділом на визначені класи; - простота в реалізації та інтерпретації результатів.	- низька ефективність, коли декілька класів частково перекриваються; - при роботі з великими наборами даних може виникнути перенавчання.
Регресійний аналіз (Regression)	- простота та легка інтерпретація результатів; - використання для прогнозування числових значень.	- передбачення може бути обмеженим лінійними залежностями; - недостатня гнучкість для складних даних.
Генетичні алгоритми (Genetic Algorithms)	- можливість знаходження оптимальних рішень у складних задачах оптимізації.	- часова та обчислювальна складність; - можливість потрапляння в локальні мінімуми.
Глибоке навчання (Deep Learning)	- здатність розв'язувати складні задачі аналізу даних; - висока точність прогнозів; - можливість відбирати ознаки з різнотипних даних і ігнорувати непоказові приклади у даних [1].	- потреба у великій кількості даних та обчислювальних ресурсів; - можливість перенавчання.

Отже, можна виділити наступні напрями застосування методів машинного навчання при аналізі закупівельних даних:

1. Кластерний аналіз – для сегментації постачальників за схожими характеристиками та сегментації закупівельних даних. Кластерний аналіз відноситься до навчання без вчителя, він може допомогти ідентифікувати групи постачальників за схожими характеристиками для ефективного управління закупівельними

відносинами. Приклади критеріїв сегментації – характеристик різних об'єктів закупівельного процесу:

- для сегментації постачальників на групи: форма власності, статутний фонд, належність до споріднених компаній та партнерів, види діяльності, адреса, контакти тощо;

- для сегментації матеріалів для закупівлі: ціна, вага, розміри, тип, група матеріалів тощо;

- для сегментації видів закупівельних операцій: загальна сума закупівлі, рейтинг постачальника, належність постачальника до споріднених компаній та партнерів, вид товару тощо.

Головною метою кластерного аналізу є групування схожих об'єктів закупівельних даних до класів або кластерів таким чином, щоб об'єкти всередині одного кластера були більш схожими між собою, ніж з об'єктами з інших кластерів. Застосування кластерного аналізу в контексті закупівельних процесів дозволить здійснити сегментацію постачальників та інших даних про закупівлі. Це забезпечить краще розуміння закупівельних процесів та визначити шляхи їх покращення. Визначення категорій постачальників, що мають спільні риси, дозволить компанії підвищити ефективність співпраці з ними на основі розроблених стратегій взаємодії з визначеними категоріями.

2. Класифікаційні методи – для розпізнавання категорій товарів, послуг або постачальників на основі закупівельних даних. Ці методи відносяться до навчання з вчителем. Класифікаційні методи допомагають віднести об'єкти до певних встановлених категорій або класів на основі їх характеристик та ознак. В контексті закупівельних даних, класифікація може бути застосована для розпізнавання категорій постачальників, товарів, послуг та інших закупівельних параметрів. Класифікаційні алгоритми дозволять розподілити постачальників на різні групи відповідно до напрямку їх діяльності на базі їх реєстраційних даних та даних, накопичених на основі досвіду співпраці з ними у минулому. Алгоритми можуть обробляти дані щодо статусу підприємства, розміру його статутного фонду, кількості співробітників, напрямків діяльності, обсягів постачання товарів, строків надання послуг та інших атрибутів постачальників. Це допоможе виділити ключових постачальників для різних типів закупок та підвищити ефективність взаємодії з ними. Застосування методів класифікації до товарів дозволить автоматично присвоїти їм відповідні категорії, що спростить процес організації та пошуку потрібних товарів. Наприклад, товари можуть бути класифіковані за типом, брендом, якісними характеристиками тощо. Крім того, класифікаційні методи можуть бути використані для оцінювання ризикованості постачальників на основі певних характеристик, історії співпраці та інших даних. Це допоможе підприємствам визначити потенційно ризикових постачальників та приймати рішення щодо співпраці з ними з урахуванням можливих наслідків. Класифікація закупівельних операцій може допомогти впорядкувати їх за певними встановленими в компанії категоріями, такими як обсяги, типи товарів чи послуг, терміни поставки, тощо. Це сприятиме підвищенню ефективності управління закупками через виокремлення на початкових етапах простих закупівель від складних, специфічних від стандартних, термінових від звичайних тощо. Результати класифікації можуть бути використані при побудові чи модернізації закупівельних стратегій.

3. Регресійні моделі – для прогнозування обсягів та цін закупівельних товарів на основі історичних даних, прогнозування попиту на товари/послуги для оптимізації закупок. Враховуючи різні чинники, такі як ініційовані проекти, сезонність,

маркетингові заходи та економічні тенденції, регресійні моделі допоможуть зробити прогноз попиту на майбутні періоди, що підвищить ефективність планування закупок та запасів. Регресійні моделі можуть бути використані для прогнозування обсягів закупок на певний період часу на основі накопичених даних про закупівельні операції, попит, тенденції ринку та інші фактори попередніх періодів. Звичайно період прогнозування відповідає встановленому періоду планування діяльності підприємства (місяць, квартал, рік). Проте, потрібно враховувати цикли змін стану ринку та закупівельні цикли для окремих категорій товарів, які можуть значно перевищувати встановлені періоди прогнозування. Наступний напрям застосування регресійних моделей – це прогнозування змін цін на товари та послуги з урахуванням впливу різних факторів, таких як вартість сировинних матеріалів, індекс інфляції, коливання курсу валют, попит, конкуренція та економічні умови. На основі цих прогнозів компанія зможе прийняти обґрунтовані рішення щодо закупівельних бюджетів та встановлення оптимальних цін на власну продукцію.

Регресійні моделі дозволять виявити, які фактори мають найбільший вплив на закупівельні обсяги та ціни, також зрозуміти, які параметри закупок слід оптимізувати для організації більш ефективних та прибуткових закупівельних процесів. Крім того, ці моделі можуть бути застосовані для визначення оптимальних рівнів запасів різних товарів на основі вимог споживачів та часових змін у попиті. Це дозволить уникнути надмірних запасів, які затримують обіговий капітал компанії, та забезпечити достатній рівень товарів для задоволення потреб споживачів. Для більш точного планування фінансових ресурсів та ефективного управління бюджетом організації за допомогою регресійних моделей може бути побудований прогноз прибутку та витрат на основі запланованих закупівельних обсягів та цін. Для побудови регресійних моделей часто використовують нейронні мережі. Наприклад, у дослідженні [4] запропоновано для підвищення точності прогнозу використовувати архітектуру нейронних мереж, що розширюються, тобто у цій мережі кількість нейронів на першому шарі більше, ніж на вхідному. Отже, застосування регресійних моделей для прогнозування закупівельних обсягів та цін дозволить компанії розробити обґрунтовані рішення, покращити стратегії управління запасами та знизити витрати на закупівлі.

4. Методи глибокого навчання – виявлення аномалій та ризиків у закупівельних процесах. Застосування методів глибокого навчання дозволить виявляти аномальні угоди, які були виконані, та ризики у закупівельних процесах. Методи глибокого машинного навчання можуть допомогти виявити незвичайні або підозрілі закупівельні дані, які можуть свідчити про можливі випадки шахрайства або корупції. Наприклад, моделі глибокого машинного навчання можуть ідентифікувати шахрайські дані, невідповідність підписів та печаток реєстраційним даним у документах, нестандартні транзакції в даних щодо виплат. Все це дозволить компанії запобігти потенційним втратам.

Щоб підприємства могли швидко реагувати на можливі проблеми і помилки співробітників та уникнути негативних наслідків, можна використовувати алгоритми машинного навчання для моніторингу закупівельних процесів та автоматичного виявлення невідповідності до стандартів або правил. Також важливим аспектом є оцінка ризиків у ланцюжках постачань. Використовуючи методи глибокого навчання, можна оцінити ризики на усіх етапах ланцюжка постачань: від прийому заявки до використання закуплених матеріалів у виробництві, та виявити потенційні загрози для стабільності ланцюжка. За результатами оцінювання

розроблюються стратегії для зменшення ризиків та забезпечення надійності поставчань. Методи машинного навчання можуть автоматично аналізувати контракти та порівнювати їх із фактично виконаними діями процесу закупівлі для своєчасного виявлення відхилень від зафіксованих умов у контракті. Це дозволить виявляти невідповідності, такі як перевищення бюджету або несвоєчасне виконання, та своєчасно і адекватно реагувати на недотримання умов контрактів (наприклад автоматичне формування та направлення постачальнику листа-претензії). Наступний приклад використання методів глибокого навчання це оптимізація закупівельних операцій. Наприклад, при розробці оптимізаційних моделей можуть враховуватися різні фактори, такі як ціни постачальників, терміни поставки, обсяги попиту, які в моделі формуються як обмеження, а у якості критерія можуть бути обрані такі: максимізація прибутку від закупівельних операцій або мінімізація витрат на закупки, мінімізація обсягів запасів, мінімізація строків зберігання матеріалів тощо. Машинне навчання допоможе проаналізувати та ідентифікувати тенденції у споживанні товарів та послуг, зміні стану економіки, зміні законодавства, зміні соціальних та екологічних факторів тощо, а також на основі даних про попередні замовлення та поведінку клієнтів – сформувати персоналізовані рекомендації щодо закупівлі. Наприклад, система може рекомендувати товари, які мають високий ймовірний попит серед конкретного клієнтського сегменту, що сприяє збільшенню обсягів продажів та задоволенню клієнтів. У задачах глибокого навчання доцільно використовувати багатопарові нейронні мережі складної архітектури, наприклад з не повнозв'язаними шарами, зі зворотними зв'язками тощо [4]. Використання таких нейронних мереж дозволяє виконувати операції на багатьох етапах обробки нелінійної інформації з ієрархічною архітектурою, які використовуються для вивчення функцій і класифікації шаблонів [5].

Висновки. На основі проведеного дослідження щодо використання методів машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних, можна зробити висновок, що вибір методів повинен здійснюватися на основі обґрунтованого аналізу специфіки даних, сформованої задачі та наявних ресурсів компанії. Наприклад, для задачі сегментації за умови не визначених закономірностей характеристик закупівельних операцій та їх зв'язків доречно використовувати алгоритми кластерного аналізу. Для задач класифікації, коли необхідно розділити дані на визначені категорії, можуть використовуватись алгоритми навчання з вчителем, такі як метод опорних векторів (SVM), дерева прийняття рішень та ін. Для прогнозування параметрів закупівельних процесів використовуються регресійні моделі. Для виявлення аномалій та ризиків при здійсненні закупівельних операцій, які мають велику кількість параметрів, та за умови слабо структурованих і великих за обсягом даних доречно застосування методи глибокого навчання.

Отже, правильний вибір методу допоможе досягти високої точності та ефективності аналітичних результатів у системі інтелектуального управління закупівельними операціями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Терещенко В.М., Бугайов А.Д. Алгоритми машинного навчання у контексті великих даних. *Штучний інтелект*, 3, 2018. С. 80–86. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/162446>
2. Жиркова А.П., Ігнатенко О.П. Аналіз методів машинного навчання в задачі класифікації документів. *Проблеми програмування*, 4, 2020. С. 81–87. URL: <https://doi.org/10.15407/pp2020.04.081>

3. Резниченко Р.В., Тимашова Л.А. Оптимізація прийняття рішень для закупівель і поставок на віртуальному підприємстві. *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць*, 18, 2013. С. 200–211. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/83564>

4. Кононова К.Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка». ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с.

5. Мальцев А.Ю. Огляд принципів глибокого навчання як динамічної теорії штучного інтелекту. *Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація*, 6, 2021. С. 97–102. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/16>

6. Aston Zhang, Zack C. Lipton, Mu Li, Alex J. Smola. Dive into Deep Learning. *Interactive deep learning book*. URL: <https://d2l.ai/index.html#jupyter>.

7. Arielle Kushner. Artificial Intelligence in Procurement. URL: <https://www.approve.com/blog/artificial-intelligence-in-procurement/>

8. Ines Schulze-Horn, Sabrina Hueren, Paul Scheffler & Holger Schiele. Artificial Intelligence in Purchasing: Facilitating Mechanism Design-based Negotiations. *Applied artificial intelligence*, 8(34), 2020. P. 618–642. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2020.1749337>

REFERENCES:

1. Tereshchenko V.M., Bugayov A.D. (2018) Machine learning algorithms in big data context. *Artificial Intelligence*, 3, P. 80–86. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/162446>

2. Zhyrkova A.P., Ignatenko O.P. (2020) Analysis of Machine Learning Methods in Document Classification Tasks. *Programming Problems*, 4, P. 81–87. URL: <https://doi.org/10.15407/pp2020.04.081>

3. Reznichenko R.V., Tymashova L.A. (2013) Decision-making optimization for procurement and supply at a virtual enterprise. *Economic and Mathematical Modeling of Socio-Economic Systems. Collection of Scientific Papers*. 18, P. 200–211. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/83564>

4. KonoNova K.Yu. (2020) Machine Learning: Methods and Models: A textbook for bachelor's, master's, and Ph.D. students in the field of Economics, specialty 051 «Economics». V.N. Karazin Kharkiv National University. 301 p.

5. Mal'tsev A.Yu. (2021) Overview of Deep Learning Principles as a Dynamic Theory of Artificial Intelligence. *Informatics, Computer Engineering, and Automation*. 6. P. 97–102. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/16>

6. Aston Zhang, Zack C. Lipton, Mu Li, Alex J. Smola. Dive into Deep Learning. *Interactive deep learning book*. URL: <https://d2l.ai/index.html#jupyter>.

7. Arielle Kushner. Artificial Intelligence in Procurement. URL: <https://www.approve.com/blog/artificial-intelligence-in-procurement/>

8. Ines Schulze-Horn, Sabrina Hueren, Paul Scheffler & Holger Schiele (2020) Artificial Intelligence in Purchasing: Facilitating Mechanism Design-based Negotiations. *Applied artificial intelligence*, 8(34), P. 618–642. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2020.1749337>

UDC 004.052.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.9>

SELECTION OF A COMPUTATIONAL PROCESS MODELING TOOL FOR IMPROVING SOFTWARE QUALITY

Paulin O. M. – Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Software Engineering
National University "Odesa Polytechnic"
ORCID ID: 0000-0002-2210-8317

Nikitchenko M. I. – Postgraduate Student
National University "Odesa Polytechnic"
ORCID ID: 0009-0007-9560-7057

A pressing problem in the IT sector is obtaining software products of proper quality. Software modeling tools play an important role in solving this problem. The most widespread tools are the following: technologies for designing software products based on automated models built on finite state machines (FSMs), Petri nets, and the unified modeling language (UML).

The aim of this paper is to improve the quality of software by applying the best of these tools at an early stage of software design.

The paper reviews and analyzes modern means (approaches, methods and tools) for modeling software with the aim of improving its quality, analyzing 30 sources over the past 25 years. It is shown that over the years, the scope of applications of these tools has expanded, but nothing new has emerged in theoretical terms. The above-mentioned tools are compared with each other by the criterion of the greatest expressive power of the language describing the modeling process. It is shown that Petri nets (PNs) have the greatest expressive power. At the same time, we propose to use PNNs at the beginning of the design of the software, i.e., at the stage of algorithmization (development of the computational process). This avoids many errors that can be eliminated at the stage of program debugging only by trial and error, which greatly lengthens the debugging process.

To demonstrate the capabilities of the tools under consideration, each of them builds its own model of the same insertion sorting process.

Key words: software product, state machine model, FA technology, SWITCH technology, Petri net, Unified Modeling Language, review, analysis, selection criterion, expressive power, process modeling language, algorithmization, computational process, trial and error method, program debugging, insertion sort.

Паулін О. М., Нікітченко М. І. Вибір засобу моделювання обчислювальних процесів для підвищення якості програмного забезпечення

Актуальною проблемою у сфері ІТ є отримання програмних продуктів (ПП) належної якості. Важливу роль вирішенні цієї проблеми грають інструменти моделювання ПП. Найбільше поширення отримали такі інструменти: технології проектування ПП на основі автоматних моделей, побудованих на кінцевих автоматах (КА), мережі Петрі та уніфікована мова моделювання (UML).

Метою даної є підвищення якості ПП за рахунок застосування найкращого зі згаданих інструментів на ранньому етапі проектування ПП.

У роботі проводиться огляд та аналіз сучасних засобів (підходів, методів та інструментів), моделювання ПП з метою підвищення його якості, при цьому аналізуються 30 джерел за останні 25 років. Показується, що за ці роки сфера додатків цих інструментів розширилася, проте в теоретичному плані нового нічого не з'явилося. Згадані вище інструменти порівнюються між собою за критерієм найбільшої виразної потужності мови опису процесу моделювання. Показується, що найбільшою виразною потужністю мають мережі Петрі (МП). У той самий час нами пропонується використовувати МП на початку проектування ПП, тобто. на етапі алгоритмізації (розробки обчислювального процесу – ОП). Це дозволяє уникнути безлічі помилок, які усуваються на етапі налагодження програм тільки методом проб і помилок, що сильно подовжує процес налагодження.

Для демонстрації можливостей розглянутих інструментів для кожного з них будується своя модель одного і того ж ОП сортування вставками.

Ключові слова: програмний продукт, автоматна модель, КА-технологія, SWITCH-технологія, мережа Петрі, уніфікована мова моделювання, огляд, аналіз, критерій вибору, виразна потужність, мова опису процесу моделювання, алгоритмізація, обчислювальний процес, метод проб та помилок, налагодження програми, сортування вставками.

Introduction. Development and implementation of quality software products (SP) becomes a key success factor for enterprises and organizations. However, the increasing complexity of software products and intensification of their development lead to the growing number of errors in programs and significantly increase the time of their debugging.

The quality of software and software in general is defined and regulated by ISO 12207, ISO 9000, CMM and other standards [1], which provide systematization and unification of quality criteria. These standards help developers and customers to evaluate and control the quality of software at different stages of its development and operation. The development of quality PP and software in general is very topical. This paper reviews and analyzes modern sources to select the best tool for software quality improvement. The most common tools are considered: finite automaton (FA) based models (Harel state diagrams [2] and SWITCH-technology [3]), Petri nets [4], Unified Modeling Language (UML) [5]. Each of these tools and their clones has its own advantages and disadvantages.

The aim of the work is to improve the quality of the software in general by choosing the best of the above mentioned tools and moving to the earliest stage of the software development – the stage of algorithmization.

In order to achieve this goal, the following objectives are addressed:

- review of sources on the above instruments;
- analysis of these tools and selection of the best of them according to the criterion of maximum expressive power of the language of description of modeling processes;
- Demonstration of the tools' operation using the example of the computational process of sorting by inserts and comparison of their capabilities.

Main part. Let us consider the above-mentioned directions of software quality improvement, namely: the use of automata models, Petri nets, UML.

1. Automata model. The automata model is represented by two approaches: Harel state diagrams [2] and the SWITCH technique [3]. The common feature of these approaches is the use of the finite automaton (FA) model, but there are significant differences: the first approach uses transition diagrams, while the second uses state diagrams. In addition, the authors have different stages of program construction: the first approach uses the stages from algorithmization to program writing and maintenance, while the second approach uses the stages of program verification and debugging. Let us further note that the use of the switch construct allows structuring and modifying programs and ensuring their isomorphism (pictorial equivalence) with the specification (transition graph).

The theory of finite automata as well as their varieties is presented in [6]. A finite automaton is a *mathematical model* of a discrete control process (transformation of discrete information); the most common finite automata are Mealy and Moore automata. The *state* of an automaton is a set of values of the automaton's memory elements; the current set represents some prehistory of the automaton's behavior as a result of successive exposure to input symbols. Automata have the ability to retain the previous state, so they are called *automata with memory*. An automaton without memory is called a *trivial automaton* or a *combinational circuit*.

Literature analysis of automata models. A review of research conducted over the last 25 years is presented, showcasing a diverse range of approaches to the utilization of automata models for addressing complex problems across various domains. The analysis consists of examining the main concepts, methods and applications of automata models in various fields.

The paper [7] describes a tool for creating and testing deterministic FAs with a graphical interface. This tool allows users to create automata and test input strings in real time.

The article [8] is devoted to the construction of a neural network with a minimum number of neurons, which is necessary for modeling any FA with m states; the lower and upper bounds of this minimum number are determined and found to be linearly dependent on m under certain constraints.

The paper [9] considers FAs that are equivalent to right-linear context-free grammars and represent the lowest level in Chomsky's hierarchy. Standard automata problems (emptiness, universality, equivalence, etc.) are discussed. The paper deals with the issues of descriptive and computational complexity of FAs, presenting an overview of the main ideas and the general picture in this area.

The paper [10] considers the problem of automatic correction of spelling errors in text during machine translation and information retrieval based on FA. The correction method is language-independent and requires only a dictionary and text data to build a language model.

The paper [11] discusses the use of FA in parallel computing, especially in the context of multicore processors. A new kind of automaton called a Simultant Finite Automaton (SFA) is presented, which is designed with efficient parallel processing in mind. A regular expression matching tool based on the SFA was created, which in typical cases achieved significant speedup (by a factor of 10 or more) on a computer with two six-core processors.

Summary on the conducted analysis of automata models. Automata models are a powerful tool for modeling and analyzing programs and their systems in order to write high-quality SPs. Different approaches to the implementation of FAs provide different advantages for designing software systems, allowing you to choose an approach depending on the type of task. Modern graphical interfaces facilitate work with FA and speed up the analysis of SPs.

Note the proposal to use neural networks for modeling the FA itself. The properties and complexity of FA are still discussed. An interesting application is the task of correcting spelling errors in texts using FA. A theoretical novelty is proposed, a new kind of automaton called a "simultaneous finite automaton" (SFA), which is designed with efficient parallel data processing in mind.

Example. Let's consider the representation of the insertion sorting program [6] by a finite automaton. The initial array contains n elements numbered from 0. Let us distinguish the operators of the program by dividing them into two groups: unconditional X and conditional Y . The lists of operators are given in Table 1; the content of each operator is also given here.

According to the program [12] and in accordance with the notations (Table 1), the graph-scheme of the automaton (fig. 1a), or, more precisely, its operational component, is constructed. The operators of input of the initial array and output of the sorted array are subroutines and are not considered in detail.

For complete construction of the automaton it is necessary to construct its control component. For this purpose, we can use Baranov's method [6] of constructing a control

Table 1

Operators and their contents

Оператор	Содержание оператора
Y_1	Input of array A (numbering of elements – from zero)
Y_2	Enter the number n of elements of array A
Y_3	$i := 1$ – initial value of the external loop parameter
Y_4	$key := arr[i]$ – auxiliary variable
Y_5	$j := i - 1$ – count, inner loop
Y_6	$arr[j+1] := arr[j]$ – element shift
Y_7	$j := j - 1$ – initial value of the inner loop parameter
Y_8	$arr[j+1] := key$ – insert element to the appropriate place
Y_9	$i := i + 1$ – count, outer loop
Y_{10}	Output sorted array A'
X_1	Checking the condition $i \leq n - 1$ – end of the outer loop
X_2	Checking the condition $j \geq 0 \ \& \ arr[j] > key$ – end of inner loop

automaton, which contains the following stages: construction of the graph-scheme of the algorithm (GSA); markup of the GSA with state symbols; construction of the automaton graph. In turn, the graph of the automaton contains several sub-stages, including: construction of the transition table; minimization of the automaton, etc.

In this case GSA is interpreted as Moore's automaton, i.e. its vertices are marked with state symbols. Fig. 1b shows the graph of Moore's automaton constructed by the GSA of sorting by inserts.

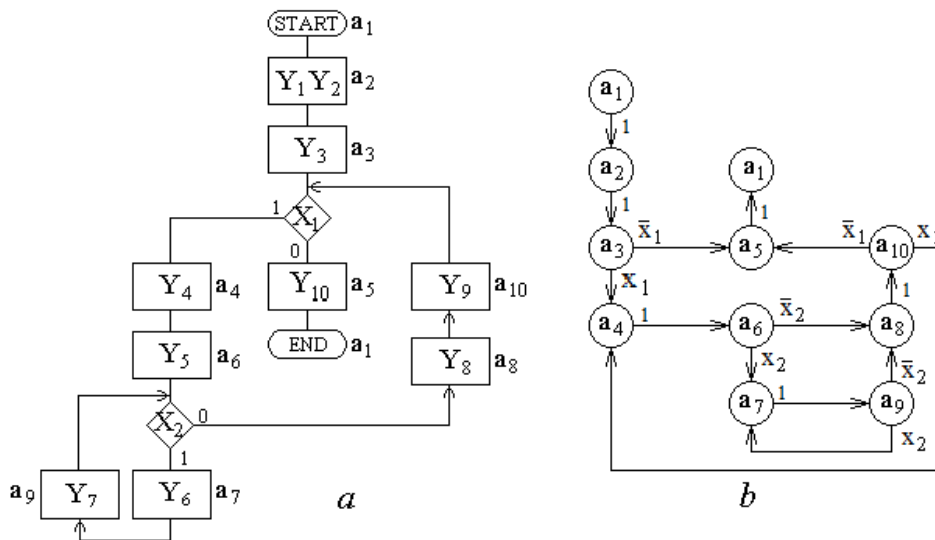


Fig. 1. Algorithm for sorting by inserts:
a – marked graph diagram; b – transition diagram

Here we cut short the process of synthesizing a control automaton, since it is a separate complex task. However, for evaluating the expressiveness of the language of graph schemes, it is quite enough.

2. Petri net. A Petri net (PN) [4] is a bipartite graph that includes two types of elements: positions p and transitions t ; respectively, there are 2 types of links between them: $p \rightarrow t$ and $t \rightarrow p$.

Positions denote conditions that allow an action to be performed or an event to occur when a chip is present in a position. *Transitions denote* actions/events that change the state of the system, with the chip moving to the position associated with the transition, which means the formation of a new condition. For a transition to be executed, all positions that have connections to this transition must be active, i.e. have a token each. A *scenario* is the execution of certain actions (in the general case – the occurrence of events) in the presence of necessary conditions.

Note the important rule: transitions and positions alternate.

In general, each element (position and transition) of an PN can have several input and output links, but there are simplified PNs in which restrictions are imposed on the number of inputs/outputs.

Livability is a property of a Petri net which means that the system does not get stuck in an endless loop of performing the same transitions, but is operational.

Petri nets are used to represent and analyze dynamic systems and to model various processes, such as business processes, manufacturing processes, or the processes of interaction between the components of a SP. They help to understand how a system works, identify problems and improve its performance.

Literature analysis of PN. In the last 20–25 years, serious attention of specialists has been paid to both conventional [14–17, 19–21] and colored PNs (CPNs) [13; 18]. The publications consider various areas of PN applications: modeling of dynamic systems on the basis of "classical" PN and its derived models [14]; verification of safety-critical systems [20] and software systems, e.g., firmware for a robot [16]; analysis and modification of logic for multi-agent systems [21]; design/management of construction projects [17]; identification of partially observable systems of discrete events [19]. The paper [18] attempts to illustrate many aspects of software development, to point out some aspects of Petri nets that have been used or can be used to solve software development problems, and to identify new software development problems that can be solved with the help of PN modeling results.

Some approaches to the use of PN are also considered. The paper [22] provides a comparative analysis of the methods, focusing on the creation of executable models of software architectures and identifying research perspectives in this area. The article [23] describes the application of PNs to verify the integrity of rule-based systems using their structural properties. In [24] a combined approach combining WF-networks and PNs for modeling the dynamics of software systems is investigated.

Summary of the analysis conducted on Petri nets. An overview of PNs and their diverse applications, which include systems modeling, project management, software development, and other areas, is provided. Approaches to using PNs, such as creating executable software models and checking the integrity of systems, as well as tools that use PNs to manage hybrid systems, are reviewed.

So, PNs are a powerful and flexible tool for analyzing and modeling dynamical systems, and their applications continue to expand.

Example. Let's consider modeling of the algorithm of sorting by simple insertions with the help of SP. The PN is shown in fig. 2. Table 2 describes positions and Table 3 describes transitions.

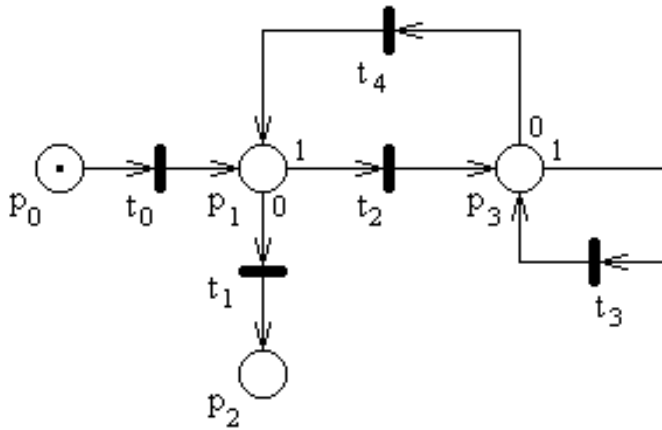


Fig. 2. Petri net for the algorithm of sorting by simple insertions

Note that the positions are combined (Table 3), which is determined by the need to alternate between positions and transitions.

Table 2

Positions and their meanings	
Position	Significance
p_0	Beginning
p_1	$i \leq n$
p_2	The end
p_3	$j \geq 0 \ \& \ arr[j] > key$

Table 3

Transitions and their meanings	
Transition	Significance
t_0	input A, n; $i:=2$
t_1	output A'
t_2	key:=ai; $j:=i-1$
t_3	$arr[j+1] := arr[j]$; $j:=j-1$
t_4	$arr[j+1] := key$; $i:=i+1$

To model this SP, scenarios have been developed that cover all possible chip movement paths; in the initial state, the chip is in position p_0 . Near each position, except the start and end positions, are placed values (0 and 1) that define specific paths of the chip's movement. The scenarios are as follows: 1) $p_3, t_3, p_3, t_3, \dots$; 2) $p_1, t_2, p_3, t_4, p_1, t_2, p_3, t_4, \dots$; 3) $p_0, t_0, p_1, t_2, p_3, t_4, p_1, t_1, p_2$.

3. Unified Modeling Language. UML [5] is a standard notational language for visualization, design, documentation and specification of software systems and other complex systems. UML provides versatile tools for describing various aspects of a system, including its structure, functionality, behavior, and interaction with the environment.

UML was developed to provide a common and understandable way of communication between developers, analysts, designers, and others involved in the development of software and information systems. It provides graphical symbols and rules for creating diagrams that allow for modeling a variety of aspects of a system.

The main types of UML diagrams include class diagrams, sequence diagrams, state diagrams, and activity diagrams. Each of these diagrams aims to visualize specific aspects of a system and helps developers to better understand its structure and functioning.

Below we will review and analyze articles and other sources of information that contain one or another feature of UML.

Next, approaches to the use of UML are analyzed. In [29], the authors describe consistency rules between an action diagram and a class diagram, translating them into logical predicates and applying them to a case study example. In [30], the authors present 11 consistency rules for model checking between the most commonly used UML diagram types. In [31], the authors propose an automatic approach for analyzing UML-based designs using logical reasoning, allowing hundreds of online model repository designs to be validated.

Summary of the UML analysis performed. A review of the literature on the application of UML in software engineering has been conducted. The focus is on the use of logical methods for consistency and efficient analysis of UML models, and consistency rules and techniques for managing them are discussed. The articles provide a clear introduction to object-oriented analysis and design using UML. These resources are valuable for both novices and experienced software engineers, helping them to improve their modeling and software development skills in the context of UML.

Example. Let's consider a program of sorting by simple inserts [12] and describe it using UML. Let's choose the most appropriate diagram – the sequence diagram, which will describe each step of the program execution (Fig. 3).

Summary and conclusions. The most widespread tools of software modeling to improve its quality are: automata model in two variants proposed by Harel and Shalyto, Petri nets, UML. All the tools, except SWITCH technology, are used in software modeling and only in SWITCH technology modeling is carried out at the stage of algorithmization. And only the tool using switch program design is brought to the level of technology, but its application area is embedded tools intended for automation of industrial objects.

As the review has shown, the latest research in the field of automata models is devoted only to 5 articles, in the field of Petri nets – 13 articles, in the field of UML – 7 articles. It follows that the interest to automata models is decreasing. Petri nets are of the greatest interest for researchers. We consider UML as a tool to be poorly developed, as evidenced by the presence of 14 types of diagrams and 119 rules for their coordination.

Our approach coincides with the approach in SWITCH-technology – we believe that verification and debugging of a program should be carried out at the earliest stage of its development, i.e. at the stage of algorithmization. Further we believe that Petri nets possess the greatest expressive power of the language of description of modeling processes.

So, we consider the proposed approach to be the best. This conclusion is confirmed by modeling the sorting process by inserts for all four tools.

BIBLIOGRAPHY:

1. "ISO/IEC/IEEE International Standard – Systems and software engineering -- Software life cycle processes," in ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E) First edition 2017-11, vol., no., pp.1-157, 15 Nov. 2017, doi: 10.1109/IEEESTD.2017.8100771.
 2. Harel D. Modeling reactive systems with statecharts: The statemate approach. New York : McGraw-Hill, 1998. 258 p.
 3. Shalyto A. Software automaton design: Algorithmization and programming of problems of logical control. Journal of Computer and Systems Sciences International. 2000.
 4. Radford P. Petri Net Theory and the Modeling of Systems. The Computer Journal. 1982. Vol. 25, № 1. P. 129. URL: <https://doi.org/10.1093/comjnl/25.1.129>.
 5. Booch G. The unified modeling language user guide. Second ed. Upper Saddle River, NJ : Addison-Wesley, 2005. 475 p.
-

6. Baranov S. Automata. Logic Synthesis for Control Automata. Boston, MA, 1994. P. 1–66. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2692-6_1.
7. Simulation and Testing of Deterministic Finite Automata Machine / K. B. Vayadande et al. International Journal of Computer Sciences and Engineering. 2022. Vol. 10, no. 1. P. 13–17. URL: <https://doi.org/10.26438/ijcse/v10i1.1317>.
8. Alon N., Dewdney A. K., Ott T. J. Efficient simulation of finite automata by neural nets. Journal of the ACM (JACM). 1991. Vol. 38, № 2. P. 495–514. URL: <https://doi.org/10.1145/103516.103523>.
9. Holzer M., Kutrib M. Descriptive and computational complexity of finite automata—A survey. Information and Computation. 2011. Vol. 209, № 3. P. 456–470. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ic.2010.11.013>.
10. Izakovič L. Using Finite-state Automata for Text Lexicons Building. Glottotheory. 2008. Vol. 1, № 1. URL: <https://doi.org/10.1515/glot-2008-0003>.
11. Sinya R., Matsuzaki K., Sassa M. Simultaneous Finite Automata: An Efficient Data-Parallel Model for Regular Expression Matching. 2013 42nd International Conference on Parallel Processing (ICPP), Lyon, France, 1–4 October 2013. 2013. URL: <https://doi.org/10.1109/icpp.2013.31>.
12. Introduction to Algorithms / V. J. Rayward-Smith et al. The Journal of the Operational Research Society. 1991. Vol. 42, no. 9. P. 816. URL: <https://doi.org/10.2307/2583667>.
13. Kristensen L. M., Simonsen K. I. F. Applications of Coloured Petri Nets for Functional Validation of Protocol Designs. Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency VII. Berlin, Heidelberg, 2013. P. 56–115. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-38143-0_3.
14. Valk R. Petri Nets as Token Objects. Application and Theory of Petri Nets 1998. Berlin, Heidelberg, 1998. P. 1–24. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-69108-1_1.
15. David R., Alla H. Petri nets for modeling of dynamic systems. Automatica. 1994. Vol. 30, № 2. P. 175–202. URL: [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0005-1098(94)90024-8).
16. Nandanwar M. Formal Verification with Petri Nets. TU Kaiserslautern – Computer Science – Embedded Systems Group: Welcome! URL: <https://es.cs.rptu.de/publications/datarsg/Nand22.pdf> (date of access: 15.08.2023).
17. Lin C.-P., Dai H.-L. Applying Petri Nets on Project Management. Universal Journal of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 2, № 8. P. 249–255. URL: <https://doi.org/10.13189/ujme.2014.020801>.
18. Kristensen L. M., Jørgensen J. B., Jensen K. Application of Coloured Petri Nets in System Development. SpringerLink. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-27755-2_18.
19. Riera B. Identification of discrete event systems using ordinary Petri nets. Academia.edu – Share research. URL: https://www.academia.edu/64731436/Identification_of_discrete_event_systems_using_ordinary_Petri_nets.
20. Integrated formal verification of safety-critical software / N. Ge et al. International Journal on Software Tools for Technology Transfer. 2017. Vol. 20, no. 4. P. 423–440. URL: <https://doi.org/10.1007/s10009-017-0475-0>.
21. Petri net and rewriting logic based formal analysis of multi-agent based safety-critical systems / A. Boucherit et al. Multiagent and Grid Systems. 2020. Vol. 16, no. 1. P. 47–66. URL: <https://doi.org/10.3233/mgs-200320>.
22. Aliee F. S. A Comparison of Petri Net Based Approaches Used for Specifying the Executable Model of Software Architecture. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/221615992_A_Comparison_of_Petri_Net_Based_Approaches_Used_for_Specifying_the_Executable_Model_of_Software_Architecture.
23. Agarwal R., Tanniru M. A Petri-Net based approach for verifying the integrity of production systems. International Journal of Man-Machine Studies. 1992. Vol. 36, № 3. URL: [https://doi.org/10.1016/0020-7373\(92\)90043-k](https://doi.org/10.1016/0020-7373(92)90043-k).

24. Suprunenko O. O. COMBINED APPROACH TO SIMULATION MODELING OF THE DYNAMICS OF SOFTWARE SYSTEMS BASED ON INTERPRETATIONS OF PETRI NETS. KPI Science News. 2019. № 5-6. P. 43–53. URL: <https://doi.org/10.20535/kpi-sn.2019.5-6.174596>.

25. Sulaiman N., Syed Ahmad S. S., Ahmad S. Logical Approach: Consistency Rules between Activity Diagram and Class Diagram. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2019. Vol. 9, № 2. P. 552. URL: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.1.7581>.

26. Abdulsahib M. A methods of ensuring consistency between UML Diagrams. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/326901133_A_methods_of_ensuring_consistency_between_UML_Diagrams.

27. Khan A. H., Porres I. Consistency of UML class, object and statechart diagrams using ontology reasoners. Journal of Visual Languages & Computing. 2015. Vol. 26. P. 42–65. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2014.11.006>.

28. UML models consistency management: Guidelines for software quality manager / R. S. Bashir et al. International Journal of Information Management. 2016. Vol. 36, no. 6. P. 883–899. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.024>.

29. UML Diagrams in Software Engineering Research: A Systematic Literature Review / H. Koç et al. Proceedings. 2021. Vol. 74, no. 1. P. 13. URL: <https://doi.org/10.3390/proceedings2021074013>.

30. A systematic identification of consistency rules for UML diagrams / D. Torre et al. Journal of Systems and Software. 2018. Vol. 144. P. 121–142. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.06.029>.

31. Costa V., Monteiro R. Detecting Semantic Equivalence in UML Class Diagrams. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/289465971_Detecting_semantic_equivalence_in_UML_class_diagrams.

УДК 004.921

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.10>

ПРОБЛЕМИ ЛІЦЕНЗУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК СКЛADOVA КРИЗИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ОСВІТИ

Рехлецький Є. А. – кандидат економічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
Львівського торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-8879-4161

Аніловська Г. Я. – доктор економічних наук,
професор кафедри комп'ютерних технологій
Львівського торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-0154-1584

Костурко В. С. – кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
Львівського торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-6366-8695

Бабич В. І. – старший викладач кафедри комп'ютерних технологій
Львівського торговельно-економічного університету

Серед всіх складових науки, освіта має найдавнішу історію. На протязі всієї історії людства серед всіх верст населення освіта мала особливий статус і до неї був особливий підхід. Еволюцію освіти можна поділити умовно на 7 етапів розтягнуті на 6 тисяч років, але останні 3 охоплюють трохи більше 100 років, відтак можна зробити висновок, що еволюція освіти значно прискорилася. Значною мірою це пов'язано зі стрімким розвитком науки та технологій, але якщо висока динаміка в науки це більше позитивний процес, то висока динаміка у освіті це нестабільність і невпевненість, тобто криза. У теперішнього стану освіти багато викликів. Серед них глобальні проблеми, які не змінилися на протязі історії людства, такі як соціальна нерівність і доступність. Деякі виклики пов'язані з передовим технологіями, а саме з високою динамікою їх розвитку – технології, що запозичуються до освітнього процесу морально застарівають з тою ж швидкістю, що й самі технології, тобто занадто швидко. Крім глобальних проблем в освіті, в Україні є свої, домашні. Одну з таких проблем, на стику інформаційних технологій та освіти і розглядає дана робота.

***Метою роботи** є повернути увагу до проблеми, що не вирішується протягом останніх 25 років, але має потенціал утруднити як освіту, так інформаційну галузь в цілому.*

Галузь інформаційних технологій з надзвичайно високою динамікою генерує нові технологічні підходи, тому шукати рішень навіть застарілих проблем у цій галузі логічно і актуально.

***Висновки.** В національній системі освіти багато проблем, і деякі з них не можна вирішити лише адміністративними заходами, спонукальними, чи каральними. Двома словами проблему не ліцензованого софту у галузі освіти можна назвати як «не бажання», тобто саме цю проблему схоже можна було б вирішити всього лише адміністративними засобами. Автори вважають, що шкода від цієї проблеми недооцінена.*

***Ключові слова:** освіта, інформаційні технології, ліцензії для програмного забезпечення.*

Rekhletsyy E. A., Anilovska A. Ya., Kostyrko V. S., Babych V. I. Software licensing problems as a component of the national education crisis

Among all constituent sciences, education has the oldest history. Throughout the entire history of mankind, education had a special status and a special approach to it among all strata of the population. The evolution of education can be conventionally divided into 7 stages spanning 6,000 years, but the last 3 span a little over 100 years, so it can be concluded that the evolution of education has accelerated significantly. To a large extent, this is related to the rapid development of science and technology, but if high dynamics in science is more of a positive process, then high dynamics in education is instability and uncertainty, that is, a crisis. There are many challenges in the current state of education. Among them are global problems that have not changed throughout human history, such as social inequality and affordability. Some problems associated with advanced technologies, namely with the high dynamics of their development – technologies that prevent the educational process become morally obsolete at the same speed that the technology itself is too fast. In addition to global problems in education, Ukraine has its own domestic ones. This work examines one of these problems at the junction of information technologies and education.

The method of work is to draw attention to problems that have not been solved in the last 25 years, but has the potential to work both in education and in the information industry as a whole.

The field of information technologies with extremely high dynamics generates new technological approaches, so it is logical and relevant to look for solutions to even outdated problems in this field.

Conclusions. *There are many problems in the national education system, and some of them cannot be made worse by administrative measures, whether incentive or punitive. In two words, the problem of unlicensed software in the field of education can be called “unwillingness”, that is, this problem could only be solved by administrative means. The authors believe that the damage from this problem is underestimated.*

Key words: *education, information technologies, software licenses.*

Освіта – це частина світу науки, що має найдавнішу історію. Крім отримання інформації, треба її вірно застосувати у контексті розуміння дійсності, тобто знати що робити і як робити.

Шлях освіти, тобто її еволюція, була динамічним процесом, на який впливали різноманітні історичні, культурні, технологічні та соціальні фактори. Коротко та узагальнено можна поділити цей шлях на такі періоди:

Античний і класичний періоди – у стародавніх цивілізаціях, таких як Єгипет, Месопотамія, Греція та Рим, освіта була прерогативою еліти, і було зосереджено на філософії, риториці, математиці та фізичному вихованні. В цей період внесли свою частку такі видатні філософи, як Сократ, Платон і Аристотель.

Середньовічний період – освіта зосереджувалася навколо релігійних установ, таких як монастирі та кафедральні школи, було суто релігійною, з наголосом на богослов'ї та навичках латинської мови.

Відродження і Просвітництво – ця епоха (Відродження) викликала відновлення інтересу до класичного навчання, що призвело до заснування гуманітарних шкіл, які зосереджувалися на предметах поза теологією; наголошували на розумі, науці та критичному мисленні, формуючи основи сучасної освіти.

Промислова революція та масова освіта – потребувала більш освіченої робочої силі, що призвело до прийняття законів про обов'язкову, масову освіту в багатьох країнах, які часто мали стандартизовані навчальні програми та заклади підготовки вчителів.

Прогресивний освітній рух, що виник наприкінці 19-го та на початку 20-го століть наголошував на практичному і індивідуальному навчанні та практичних навичках. Такі філософи освіти, як Джон Дьюї, виступали за навчання на основі досвіду та підходи, орієнтовані на студента.

Освіта після Другої світової війни, тобто від середини 20-го століття – освітня експансія була спрямована на розширення доступу до освіти для всіх соціально-економічних груп. Суперництво між Сполученими Штатами та Радянським Союзом під час холодної війни також підживлювало акцент на науково-технічній освіті.

Інформаційна ера та інтеграція технологій у освіту. Наприкінці 20-го століття і пізніше ми стали свідками інтеграції технологій в освіту, що змінило спосіб навчання учнів і навчання вчителів – онлайн-навчання, цифрові ресурси та дистанційна освіта стали важливими компонентами сучасних освітніх систем.

У відповідь на стрімкий технологічний прогрес і глобалізацію освітні системи почали фокусувати зусилля на таких навичках (умовно назвемо ці фокусовані напрями навичками 21-го століття), як критичне мислення, креативність, співпраця та спілкування; цей період освіти заснований на «компетенціях» і персоналізованому навчанні, що набували популярності з метою пристосування освіти до індивідуальних потреб студента.

Еволюція освітніх систем є безперервним процесом під впливом культурних змін, технологічного прогресу, освітніх досліджень і суспільних потреб. Хочемо звернути увагу (і таким чином підвести ризику), що у історичній ретроспективі сучасний стан освіти належить до відносно маленького часового відрізка (менше двохсот років, чотири структурні складові), через це можна зробити висновок про надзвичайно високу динаміку цього процесу. Звідси постійна нестабільність освітньої системи в цілому. До тепер різні країни та регіони переживають власні унікальні траєкторії, що призвело до появи різноманітних освітніх моделей і практик у всьому світі.

Сучасні освітні системи стикаються з різними проблемами, які можуть вплинути на ефективність викладання та навчання. Те що більшість цих проблем носять поширений та глобальний характер свідчить про наявну системну кризу в освіті. Коротко про поширені (глобальні) проблеми:

1. Відсутність індивідуалізації: наявним системам освіти важко пристосуватися до різноманітних стилів і темпів навчання окремих учнів.

2. Інтеграція технологій, а саме їх несистемне впровадження: хоча технології можуть покращити навчальний досвід, їх інтеграція в навчальний процес може бути нерівномірною, а отже не системною.

3. Відповідність реальним навичкам – одне з критичних зауважень до сучасних систем освіти не відповідність отримуваних освітніх практичних навичок та знань викликам реального світу, наприклад фінансова грамотність, або навички вирішення проблем у спілкуванні та співпраці.

4. Нерівність і доступність: зберігаються розбіжності в освітніх ресурсах, фінансуванні та доступі до якісної освіти – наслідок соціальної та економічної нерівності, оскільки студенти з недостатньо успішних сімей можуть не отримати тих самих можливостей, що й їхні більш привілейовані однолітки.

5. Тиск і психічне здоров'я: Академічний тиск, конкуренція та високі очікування.

6. Прогалина в інноваціях: сектор освіти може повільно впроваджувати інноваційні методи та підходи до навчання, великою мірою через догматичність системи в цілому.

7. Глобалізація та культурне розмаїття: у світі, що дедалі більше глобалізується, зростає потреба у супроводі культурного розмаїття та забезпеченні освіти, яка є актуальною та включає різні точки зору та досвідів.

Крім того, окремо і коротко окреслимо деякі глобальні проблеми, що у національній системі мають (на нашу думку) вагому частку:

1. Стандартизоване тестування та надмірне значення оцінок: багато освітніх систем зловживають стандартизованим тестуванням та оцінками, як мірилом успішності учнів. Таким чином на перше місце стає підготовка до тестування знань, а не саме знання; так само оцінка на перше місце замість знань виводить «успішність» (процесу) навчання.

2. Закостенілість навчальної системи: фіксовані та негнучкі навчальні програми можуть (як правило) не встигати за швидкими темпами суспільних змін і прогресу в різних сферах. Це може призвести до того, що викладається застарілий або нерелевантний контент (в кращому випадку), в іншому тормозиться, заміщується прогрес учня «успішністю».

3. Навчання та підтримка викладачів: викладачі (вчителі, наставники) є життєво важливим компонентом системи освіти, але вони часто стикаються з завищеними вимогами до робочого навантаження і як наслідок, відсутність можливостей для професійного розвитку. Саме педагогічна складова вихолощується, залишається механічна та бюрократична (звітність). Крім того варто зауважити явно не високу заробітну платню, падіння престижності роботи.

Крім того, є проблеми, що не є проблемами суто освіти. Наша країна докладає великих зусиль у цих напрямках, але, на жаль, про їх рішення ще зарано говорити. Одна з них – «сіра зона», мається на увазі не виконання деяких законів де факто. Йдеться про програмне забезпечення, яке використовується без власне, ліцензії, на його використання, тобто про «піратський» софт. Це питання треба розглянути більш ретельно, оскільки основний акцент досліджень нашої роботи направлений на з'єднанні освіти на інформаційних технологій.

«Сіра зона», мається на увазі не виконання деяких законів де факто. Йдеться про програмне забезпечення, яке використовується без власне, ліцензії, на його використання, тобто про «піратський» софт. Це питання треба розглянути більш ретельно, оскільки основний акцент досліджень нашої роботи направлений на з'єднанні освіти на інформаційних технологій.

Цю проблему варто розглядати в двох площинах. Перше власне піратський софт. Якщо просто перерахувати перші-ліпші, то це: операційна система Microsoft Windows, пакет офісних програм Microsoft Office, антивірус (напр. Symantec), архіватор (напр. WinRar). Приблизні підрахунки навіть цього переліку дають суму, рівну вартості комп'ютера. Активна боротьба з піратським програмним забезпеченням була оголошена у 2001 році, потім ще раз у 2013. Згідно статті кримінального кодексу (КК України від 05.04.2001 № 2341-III) покарання у вигляді штрафів сягають від 3,4 тис. грн. до 51 тис. грн. (залежно від трактувань), окрім того є при випадку цивільно-правової відповідальності також рахуються **кратні** штрафи від вартості програмного забезпечення. Для навчальних закладів існують спеціальні цінові програми для ліцензованого софту, в межах 50–75 відсотків від вартості ПЗ. Для цієї проблеми логічно підходять три шляхи вирішення. Першим способом буде купити ПЗ (за спеціальною програмою), таким чином за грубим підрахунком це сягає еквівалент 400\$ на робоче місце (з комп'ютером)(за вище перерахованим списком). Яка сума необхідна для вирішення проблеми – для кожного ВУЗу це добуток від кількості робочих місць* (у середньому 400\$)* коефіцієнт неліцензійного ПЗ. Коефіцієнтом є статистичний показник. Цікавий факт – у 2013 році начальник прес-служби МВС вказав 47% – кількість такого софту у службах МВС, і ця цифра не здається завищеною.

Другим способом буде дочекатися коли загромить грім, оплатити штрафи і купити софт за цінами (спеціальними) для ВУЗів. Ця проблема піднімалася у наукових статтях 2006–2007 рр, крім лячної частини (такої як вище) рекомендації зводилися до «використання безкоштовного софту».

Насправді, саме в освіті, ця проблема носить саме системний, циклічний характер. Не важко перевірити, набравши у пошуковнику Google словосполучення «Навчальна (або робоча) програма з «Інформаційних (далі: систем, технологій тощо)»» – у більшості програм можна зустріти ті самі MS Windows та MS Office – Word та Excel. Студентів вчать працювати на не ліцензованому ПЗ готуючи їх до роботи на тому ж ПЗ, але вже на робочому місці.

Немає державних програм підтримки переходу на ліцензований софт, або ж хоча б адміністрування цього процесу. При подачі будь-яких документів (в Інтернеті) як вимога буде файл саме формату*.doc(x).

Хоча саме з офісними програмами, такими як текстовий редактор, вже років як десять, можна було навести порядок. Повністю безкоштовні Google Документи (хоча і лише в режимі OnLine, Libre office і т.д.).

Для написання цієї статті автор використовував текстовий редактор з пакету WPS Office від китайського розробника Kingsoft (див. рис. 1). В пакет входять той самий перелік – текстовий редактор, електронні таблиці, програма компоновки презентації. Певно ж, є платна версія, але вона має додаткові інструменти.

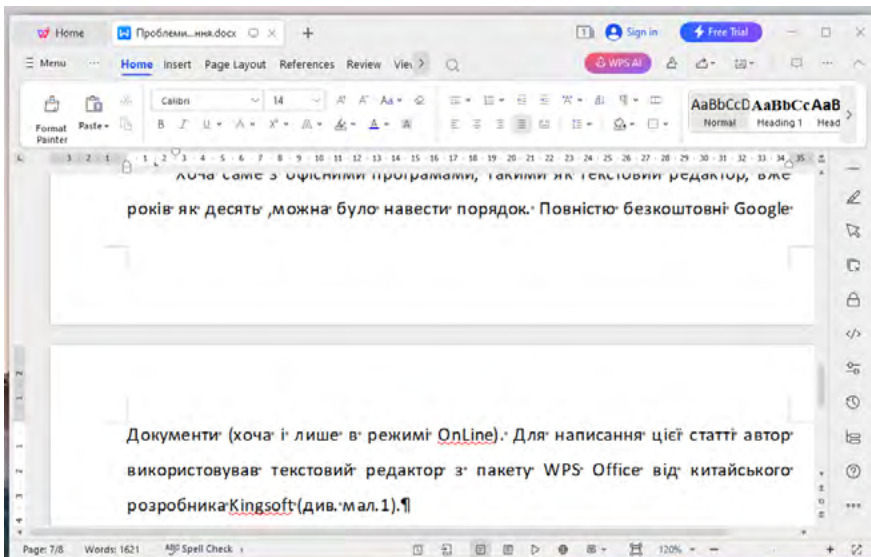


Рис. 1. Робоче вікно WPS Office

Як то кажуть, «знайдіть десять відмінностей»; (Операційна система на авторському комп'ютері – ліцензійна Windows).

У самому ж Китаю, на державному рівні була прийнята програма (яка вже більше десяти років працює) переходу з Windows (та програм під Windows) на Unix-похідні (напр. Лікукс) операційні системи. Частково це обґрунтовувалося питаннями недовіри до безпеки інформації у капіталістичних країнах, але нас цікавить прецедент централізованої програми ліцензування софту. Як протилежний аргумент, можна теж використовувати приклад Китаю, бо влада цієї країни

пішла далі, і на сьогодні вона має робочий і дуже ефективний інструмент тотального контролю.

Також хочемо звернути увагу на спеціальні програми. Якщо набрати у рядку пошуку Google «робоча/навчальна програма з «Комп'ютерної графіки»» (та похідних), ви побачите у переліку програм “Adobe Photoshop” та “Corel Draw” з 95% відсотковою ймовірністю, як робочі програми для навчання у векторних та растрових текстових редакторах. Треба зауважити – якщо MS Windows та MS Office незважаючи на нечіткий ліцензований статус **дозволяють** працювати в своїх середовищах, то згадані графічні редактори не можна використовувати не купивши їх, або не «зламавши». Тобто, сам факт роботи в не ліцензованих версіях цих продуктів це піратство. Автор використовує для редагування графічного матеріалу програму Paint.NET, яка за функціоналом наближається до Adobe Photoshop, наприклад має інструментарій для роботи з графічними шарами (див. рис. 2).

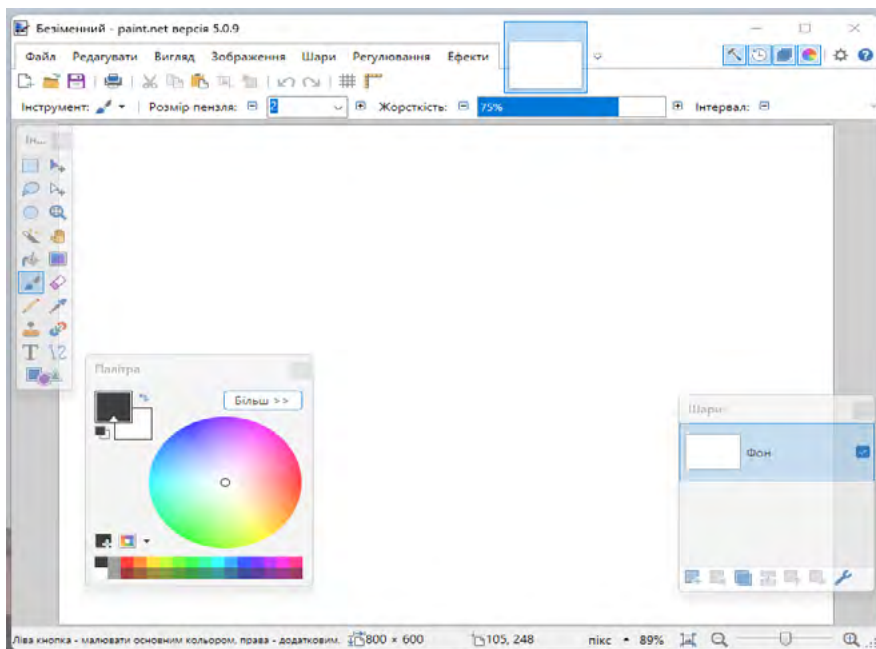


Рис. 2. Основне робоче вікно Paint.NET

Висновки. В національній системі освіти багато проблем, і деякі з них не можна вирішити лише адміністративними заходами, спонукальними, чи каральними. Двома словами проблему не ліцензованого софту у галузі освіти можна назвати як «не бажання», тобто саме цю проблему схоже можна було б вирішити всього лише адміністративними засобами; ця проблема може «вибухнути», і принагідно піднімає інші проблеми – закостенілості та інерційності.

Можливо, ця проблема може розв'язатися і без втручання, оскільки наступні 10–15 років можуть змінити саму структуру hardware/software, що буде ширше використовуватися в навчальному процесі і «посуне» наявний парк обчислювальної техніки освітньої галузі. Якщо вважати такий сценарій ймовірним, тоді можна просто почекати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бернська конвенція про охорону літературних і художніх творів. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_051&print=1
2. Договір Всесвітньої організації інтелектуальної власності про авторське право. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_770&print=1
3. Закон України «Про внесення змін до Кримінального кодексу України (щодо захисту прав інтелектуальної власності)». URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3423%2D15&p=1141297657139634>
4. Кодекс України про адміністративні правопорушення (витяг). URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/431/>
5. Кримінальний кодекс України (витяг). URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/465/>
6. Наказ «Про внесення змін до деяких нормативно-правових актів Міністерства освіти і науки України». URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/5226/>
7. Наказ «Про запровадження у вищих навчальних закладах навчальної дисципліни «Інтелектуальна власність». URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/4420/>
8. Розпорядження КМУ «Про затвердження Концепції легалізації програмного забезпечення та боротьби з нелегальним його використанням». URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=247-2002-%F0&print=1>
9. Угода про співробітництво в галузі авторського права і суміжних прав. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=997_045&print=1
10. Указ Президента «Про заходи щодо охорони інтелектуальної власності в Україні» (<http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=285/2001&print=1>)
11. Цивільний кодекс України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=435%2D15&p=1>

REFERENCES:

1. Bernska konvetsiia pro okhoronu literaturnykh i khudozhnykh tvoriv [Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works]. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_051&print=1
2. Dohovir Vsesvitnoi orhanizatsii intelektualnoi vlasnosti pro avtorske pravo [Copyright Agreement of the World Intellectual Property Organization]. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_770&print=1
3. Zakon Ukrainy "Pro vnesennia zmin do Kryminalnoho kodeksu Ukrainy (shchodo zakhystu prav intelektualnoi vlasnosti)" [Law of Ukraine "On Amendments to the Criminal Code of Ukraine (Regarding Protection of Intellectual Property Rights)"]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3423%2D15&p=1141297657139634>
4. Kodeks Ukrainy pro administratyvni pravoporushennia (vytiah) [Code of Ukraine on Administrative Offenses]. URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/431/>
5. Kryminalnyi kodeks Ukrainy (vytiah) [Criminal Code of Ukraine (excerpt)]. URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/465/>
6. Nakaz "Pro vnesennia zmin do deiakykh normatyvno-pravovykh aktiv Ministerstva osvity i nauky Ukrainy" [Order "On Amendments to Certain Regulatory and Legal Acts of the Ministry of Education and Science of Ukraine"]. URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/5226/>
7. Nakaz "Pro zaprovadzhennia u vyshchykh navchalnykh zakladakh navchalnoi dystsypliny "Intelektualna vlasnist'" [Order "On the introduction of the educational discipline "Intellectual property" in higher educational institutions]. URL: <http://www.sdip.gov.ua/ukr/laws/4420/>
9. Rozporiadzhennia KMU "Pro zatverdzhennia Kontseptsii lehalizatsii prohrannoho zabezpechennia ta borotby z nelehalnym yoho vykorystanniam" [Decree of the CMU "On approval of the Concept of legalization of software and combating its illegal use"]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=247-2002-%F0&print=1>

10. Uhoda pro spivrobotnytstvo v haluzi avtorskoho prava i sumizhnykh prav [Agreement on cooperation in the field of copyright and related rights]. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=997_045&print=1

11. Ukaz Prezydenta "Pro zakhody shchodo okhorony intelektualnoi vlasnosti v Ukraini" [Presidential Decree "On measures to protect intellectual property in Ukraine"] (<http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=285/2001&print=1>)

12. Tsyvilnyi kodeks Ukrainy. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=435%2D15&p=1>

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.11>

ПОБУДОВА ШВИДКОЇ ТА ЛЕГКОВІСНОЇ РЕКУРЕНТНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЖЕСТІВ

Яковчук О. К. – асистент, аспірант кафедри системного проектування

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID ID: 0000-0002-9842-9790

Об'єктом дослідження в цій роботі є нейронна мережа для розпізнавання рукописних жестів. В роботі поставлена задача для створення рішення по розпізнаванню рукописних жестів для можливого використання в різноманітних пристроях та гаджетах, в умовах з обмеженими обчислювальними потужностями та з пріоритетністю швидкодії такого рішення. Було обрано набір даних для експериментів, проведено аналіз існуючих робіт та досліджень, в яких використовувався цей датасет, та зафіксовано отримані результати. Для побудови нейронної мережі обрано архітектуру з використанням рекурентних шарів. Було досліджено властивості рекурентних шарів, принципи роботи вентильних рекурентних вузлів як найбільш підходящих складових для такої моделі, особливості тренування рекурентних нейронних мереж. Описано запропоновану архітектуру мережі, обрано 7 варіантів моделей з різними наборами основних параметрів. Проведено тестування моделей, на основі якого визначено дві найбільш оптимальні моделі по точності розпізнавання та по кількості параметрів. Ці моделі було додатково протестовано для перевірки швидкості роботи, як в умовах роботи тільки з використанням процесора, так і з використанням графічного прискорювача. Якість роботи обраної оптимальної моделі було також перевірено з поданням на вхід різноманітних рукописних жестів у різних стилях, які вона не зустрічала до цього у тренувальних наборах. Проведено аналіз успішних випадків роботи мережі, а також наведено приклади невдалих результатів розпізнавання, які в більшості можуть бути виправлені за допомогою розширення тренувального датасета.

Отримані результати підтверджують можливість використання рекурентних шарів для вирішення задачі з розпізнавання рукописних послідовностей, задовольняючи поставлені вимоги по мінімізації часу та ресурсів, з отриманням високої точності розпізнавання при наявності якісного датасету та правильному підбору параметрів моделі.

Ключові слова: розпізнавання рукописних жестів, рекурентні нейронні мережі, алгоритми розпізнавання, глибокі нейронні мережі.

Yakovchuk O. K. Construction of a fast and lightweight recurrent neural network for the handwritten gesture recognition task

The object of research is a neural network for handwritten gesture recognition. The work presents the task of creating a solution for recognizing handwritten gestures for its possible next use in various devices and gadgets, in conditions with limited computing resources and with the priority of the speed of such a solution. A dataset for experiments was selected, an analysis of existing works and studies using this dataset was performed, and the obtained results were recorded. An architecture with recurrent layers usage was chosen to build a neural network. The properties of recurrent layers, the operation principles of gated recurrent units as the most suitable components for this model, and the peculiarities of training recurrent neural networks were investigated. The proposed network architecture was described, and 7 variants of models with different sets of basic parameters were selected. Testing of the models was performed, based on which the two most optimal models in terms of recognition accuracy and the number of parameters were determined. These models were additionally tested to check the time performance, in the conditions with only the use of the processor, and with the use of a graphics accelerator. The performance of the single selected optimal model was also tested with the input of various handwritten gestures in different styles that weren't used before in the training sets. An analysis of successful cases of network operation was performed, as well as examples of unsuccessful recognition results, which in most cases can be corrected by expanding the training dataset.

The obtained results confirm the possibility of using recursion layers to solve the problem of recognizing handwritten sequences, meeting the requirements for minimizing time and resources while obtaining high recognition accuracy in the presence of a high-quality dataset and the correct selection of model parameters.

Key words: handwritten gestures recognition, recurrent neural networks, recognition algorithms, deep neural networks.

Постановка проблеми. У сучасну цифрову епоху важливість комунікації між людьми та комп'ютерними системами важко переоцінити. Розвиток технологій постійно пропонує користувачам нові альтернативні способи для більш простої та швидкої взаємодії з комп'ютерами та девайсами, наприклад управління голосом, візуальними жестами, тощо. Проте одним з найбільш простих та інтуїтивних способів спілкування між комп'ютером та користувачем досі залишається традиційне рукописне введення інформації, оскільки ця базова соціальна навичка здобується ще у школі. Дослідження в сфері розпізнавання рукописного введення наразі є одними з найприоритетних в області взаємодії комп'ютера та людини. Розпізнавання та аналіз рукописного тексту є одним з варіантів такої взаємодії, проте на сьогодні, за дослідженнями, люди використовують рукописне написання все рідше, і кількість написаного тексту в цілому зменшується, оскільки введення повних слів та речень зазвичай є часозатратним процесом [1]. Тому для передачі простої інформації, наприклад керуючих команд для управління та контролю, значно простішим є використання універсальних рукописних жестів, які існують у різних варіаціях для задач різного типу, а також в більшості є мовнезалежними.

Також зважаючи на стрімкий розвиток різноманітних гаджетів, носимих пристроїв, технологій Internet Of Things (IoT), компонентів розумних будинків і т.д., всі з яких потенційно можуть мати можливість сенсорного вводу, питання швидкої взаємодії з цими пристроями за допомогою рукописного введення є надзвичайно актуальним.

Мета роботи. Поставлена задача розпізнавання жестів розглядається в контексті створення системи для швидкої комунікації користувача з мобільними пристроями, гаджетами, IoT девайсами, компонентами розумного будинку і т.д. за допомогою дисплеїв з підтримкою рукописного введення.

Метою цієї роботи є створення рішення на базі нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання рукописних жестів, та визначення оптимальних параметрів побудованої моделі для забезпечення швидкодії в умовах обмеженості обчислювальних потужностей.

Опис експериментальних даних. Для проведення експериментів було обрано відкриту базу даних "The Synchromedia-Imadoc Gesture New On-Line Database (SIGN-OnDB)" [2]. Вона містить 33150 семплів з рукописними жестами, які були отримані від 20 людей шляхом написання рукою на планшетних портативних комп'ютерах та електронних дошках з сенсорним екраном, збережені у форматі InkML. Датасет загалом містить 17 класів базових рукописних жестів, приклади зображені на Рис. 1.

Як бачимо, кожен жест являє собою певну суворо визначену послідовність рухів, тобто жест «лінія вліво» та «лінія вправо» – візуально однакові, проте відрізняються напрямком написання. Цей датасет складає набір інтуїтивно простих знаків, які можна використати для побудови інтерактивної системи.

Аналіз наукових досліджень. У роботі [3] описано використання жестів для проведення редагування тексту у додатку з рукописним введенням на мобільних пристроях. Проведено оцінку ефективності використання жестів для цієї задачі

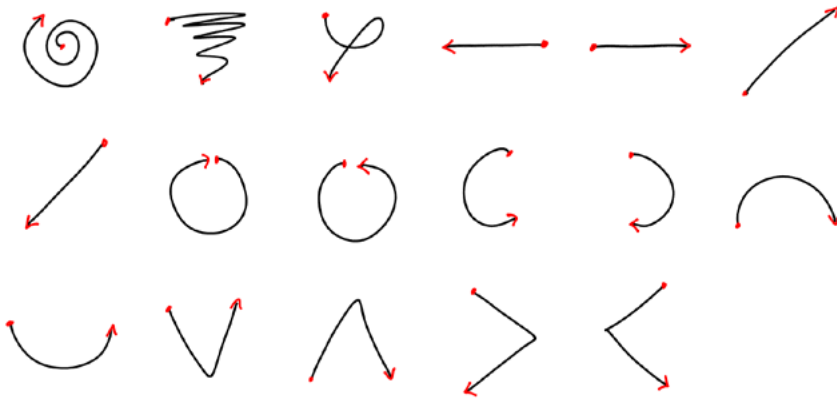


Рис. 1. Приклади рукописних жестів датасету SIGN по кожному класу [2]

порівняно з традиційним інтерфейсом використання клавіатури. Для розпізнавання жестів використано класифікатор «nearest neighbor», з яким було досягнуто точність розпізнавання у 99.76%. Проте, згідно з описом експерименту, у цій роботі було використано не повний датасет SIGN, а лише 7 з 17 усіх жестів, тобто ці результати не можна вважати повноцінними для порівняння.

Новий метод підбирання набору ознак для навчання нейронних мереж у задачі онлайн розпізнавання рукописного введення описано у роботі [4]. Було реалізовано 2 моделі – на базі нейронної мережі, та на базі SVM, та для кожної створено набори ознак залежні від автора (“writer-dependent”) та незалежні від автора, для порівняння з нашою роботою нам важливий другий варіант. Для тестування моделей було використано декілька датасетів, результати тестування для датасету SIGN наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати тестування моделей [4] на датасеті SIGN

Тип наборів ознак	NN, %	SVM, %
Незалежні від автора (WI-CV)	99.09	99.56
Залежні від автора (WD 10-CV)	99.53	99.65

Побудова та тренування мережі. Класична архітектура нейронної мережі для виконання задач класифікації такого типу базується на використанні рекурентних шарів, де на кожному елементі послідовності модель враховує не тільки поточний вхід, але і ту інформацію, що модель запам'ятала про попередні елементи. Такий тип пам'яті дозволяє мережі вивчати довгострокові залежності в послідовності [5]. На виході мережа має один повнозв'язний шар, який відповідає результуючим класам.

Gated recurrent units (GRU), або вентиляльні рекурентні вузли – це механізм для рекурентних нейронних мереж (Recurrent neural network – RNN), основна концепція якого базується на двох компонентах – вентилю оновлення та вентилю скидання, відповідні вектори яких вирішують, яка інформація буде передана на вихід комірочки [6].

До кожного елементу вхідної послідовності кожен шар GRU [7] застосовує наступні обчислення:

$$\begin{aligned} r_t &= \sigma(W_{ir} x_t + b_{ir} + W_{hr} h_{(t-1)} + b_{hr}) \\ z_t &= \sigma(W_{iz} x_t + b_{iz} + W_{hz} h_{(t-1)} + b_{hz}) \\ n_t &= \tanh(W_{in} x_t + b_{in} + r_t (W_{hn} h_{(t-1)} + b_{hn})) \\ h_t &= (1 - z_t) * n_t + z_t * h_{(t-1)} \end{aligned}$$

де h_t – прихований стан шару у момент часу t , або 0 у початковий момент часу, x_t – вхід у момент часу t , r_t, z_t, n_t – вентиля скидання, оновлення та новий вентиль відповідно, σ – функція сигмоїди, * – покомпонентне множення матриць.

Для побудови рекурентної нейронної мережі використано бібліотеку PyTorch та мову програмування Python 3. Встановлено наступні параметри для моделі GRU, деякі з яких обрано змінними для тестування різних побудов моделей: `hidden_size` – змінний параметр (4, 8, 12, 16); `num_layers` – змінний параметр (1, 2); `bias` (True); `batch_first` (True); `dropout` (0); `Bidirectional` (False).

На фазі тренування нейронної мережі виконується обнуління градієнтів мережі та використання функції втрат для визначення градієнтів зворотнього проходження. У якості функції втрат обрано перехресну ентропію, у якості оптимізатора обрано Адам оптимізатор.

При розбитті датасету, на тестування мережі було виділено 60% від усіх семплів. Це пояснюється особливістю датасету, якій містить велику кількість семплів, при досить незначній варіативності їх написання. Іншою мотивацією було бажання підвищити складність задачі для мережі та перевірити натреновані моделі на відносно «невдомих» даних, тобто на жестах з такими стилями написання, яких ця мережа можливо ще не бачила.

Результати тестування моделей. Для детального дослідження впливу параметрів рекурентної нейронної мережі на результати розпізнавання, було створено та протестовано 7 варіантів моделей з різними наборами основних параметрів RNN. 4 з них мають 1 рекурентний шар, та 3 інші – двошарові. Для тренування мережі було використано 50 епох.

По результатам тестування (табл. 2) бачимо, що використання двох RNN шарів для вирішення такої задачі дає недостатньо великий приріст в точності, хоча збільшує кількість параметрів мережі майже вдвічі (Модель 2 та Модель 6). Використання двох шарів разом з розміром схованого шару 16, взагалі дає навіть гірший результат у 99.67%, ніж та сама модель з 1 RNN шаром – 99.72%. Саме

Таблиця 2

**Результати тестування моделей рекурентної нейронної мережі
для вибору оптимального набору параметрів**

Модель для дослідження	Кількість RNN шарів	Параметр <code>hidden_size</code>	Загальна кількість параметрів	Точність розпізнавання, %
Модель 1	1	4	193	97.95
Модель 2	1	8	465	99.53
Модель 3	1	12	833	99.63
Модель 4	1	16	1297	99.72
Модель 5	2	4	313	99.06
Модель 6	2	8	897	99.62
Модель 7	2	16	2929	99.67

Модель 4 показала найкращу точність розпізнавання серед розглянутих моделей. Зазначимо, що при іншому розбитті датасету, з використанням 85% на навчання, така модель показала найкращу точність у 99.86%, що перевищує точність підходів, описаних у розглянутих роботах [3; 4].

Проведемо тестування роботи двох найбільш оптимальних реалізацій рекурентної нейронної мережі, а саме Моделі 2 та Моделі 4, для оцінки кращої моделі у контексті швидкодії. Результати тестування наведено у табл. 3. Було виконано 2 сесії перевірки кожної моделі, з використанням тільки процесору CPU та з використанням графічної відеокарти. Заміри було проведено на процесорі CPU Intel Core I9-9900KF 3.60GHz, в якості GPU було використано Nvidia RTX 2060.

Таблиця 3

Результати тестування швидкодії моделей з використанням CPU та GPU

	CPU		GPU	
	M.2	M.4	M.2	M.4
Час завантаження моделі з натренованими параметрами, мс	7.14	60.74	1151.67	1226.58
Час розпізнавання першого семплу, мс	2.95	2.96	130.65	132.89
Середній час розпізнавання одного семплу, мс	2.64	2.68	1.02	1.05
Споживання пам'яті під час виконання, Мб	0.25	0.27	1632.12	1635.45

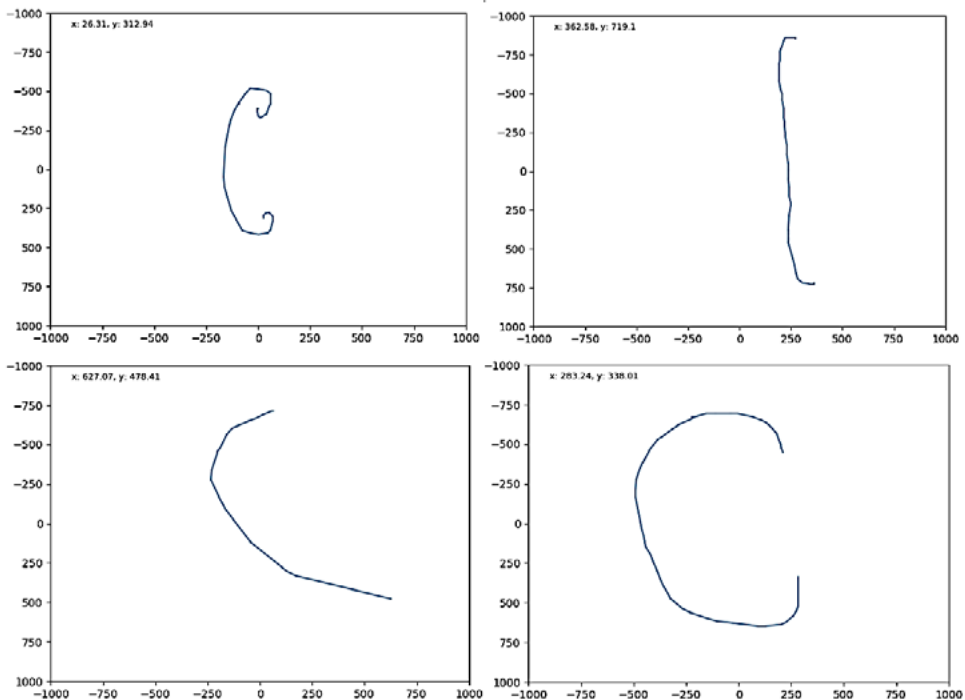


Рис. 2. Приклади тестування розпізнавання жесту "curve_downLeft", зверху – невірний результат розпізнавання, знизу – вірний

Як бачимо з результатів тестування, Модель 2 та Модель 4, при використанні тільки процесора, показують дуже незначну різницю у часі розпізнавання одного семпла, незважаючи на те, що Модель 4 має в 3 рази більшу загальну кількість параметрів. Бачимо, що це повпливало лише на час початкового завантаження моделі. Порівнюючи отриманий час роботи з використанням відеокарти, бачимо зменшення часу розпізнавання у 2.6 рази, проте час завантаження моделі у пам'ять більший ніж 1 секунда, а також достатньо великий розмір необхідної пам'яті для зберігання моделі у відеокарті, є значними недоліками при врахуванні умов поставленої задачі. Тож за результатами цього тестування, найоптимальнішою побудовою рекурентної нейронної мережі було обрано Модель 4.

Аналізуючи якість роботи побудованої мережі, видно, що більшість невдало розпізнаних семплів з датасету мають певні яскраво виражені відмінності від інших написань того самого жесту, які, скоріш за все, не зустрілись мережі під час тренування. Такі приклади наведені у верхній частині рис. 2, в нижній частині приклади успішного розпізнавання жестів того самого класу, також з нетиповим стилем написання.

Також було проведено перевірку моделі з власними написаннями жестів, перевірено можливість розпізнавати дуже деформовані жести. Як результат, мережі важко дається розпізнавання закручених кінців, різноманітних зайвих кінчиків, які не зустрічались в жестах з тренувального датасету. В таких випадках найчастіше мережа видає низькі показники ймовірності для всіх класів. Такі проблеми унікальних стилей вирішуються розширенням датасету, можливим використанням аугментації для тренування.

Висновки. В даній роботі було побудовано рекурентну нейронну мережу для вирішення задачі з розпізнавання рукописних жестів. Запропоновано декілька моделей з різним набором параметрів, обрано найбільш оптимальну модель на основі точності розпізнавання, кількості параметрів та швидкодії. Обрана модель показала точність 99.72% на датасеті SIGN, при цьому виконуючи вимоги по швидкодії та обмеженості обчислювальних потужностей, які накладає поставлена задача. Середній час розпізнавання одного семпла з використанням процесора склав 2.68 мс. Для перевірки стійкості моделі було перевірено її роботу на різного роду критичних випадках деформованих жестів, проаналізовано невдалі випадки розпізнавання мережі, більшість з яких пов'язано з дуже унікальними стилями написання певних жестів, що не зустрічались моделі в тренувальних даних. За результатами тестування було виділено стилі які необхідно додати до тренувального датасету для покращення точності побудованої моделі. Окрім збільшення різноманітності тренувальних даних, подальшими покращеннями мережі може бути перенесення її на більш низький програмний рівень, наприклад на мову C++, для ще більшої оптимізації використання ресурсів та часу роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Fewer and fewer people today write by hand using a pen, pencil or brush. What are the reasons? Is this a positive or negative development, 2017. URL: <https://ieltsdata.org/fewer-fewer-people-today-write-hand-using-pen-pencil-brush> (дата звернення: 20.08.2023).
2. On-Line Database SIGN-OnDB, 2010. URL: <https://www-intuidoc.irisa.fr/en/base-de-donnees-en-ligne-sign-ondb> (дата звернення: 20.08.2023).
3. Fuccella V., Isokoski P., Martin B. Gestures and widgets: performance in text editing on multi-touch capable mobile devices, 2013. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2470654.2481385> (дата звернення: 20.08.2023).

4. Delaye A., Anquetil. E. HBF49 feature set: A first unified baseline for online symbol recognition, 2013. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031320312003317> (дата звернення: 20.08.2023).
5. Understanding RNN and LSTM, 2019. URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-rnn-and-lstm-f7cdf6dfc14e> (дата звернення: 20.08.2023).
6. Рекурентні співвідношення, 2020. URL: http://matfiz.univ.kiev.ua/informatics/lectures/Theme3_2.htm (дата звернення: 20.08.2023).
7. Gated Recurrent Units (GRU), 2020. URL: https://d2l.ai/chapter_recurrent-modern/gru.html (дата звернення: 20.08.2023).

REFERENCES:

1. Fewer and fewer people today write by hand using a pen, pencil or brush. What are the reasons? Is this a positive or negative development. (2017). Retrieved from <https://ieltsdata.org/fewer-fewer-people-today-write-hand-using-pen-pencil-brush> (Date of access: 20.08.2023).
 2. On-Line Database SIGN-OnDB. (2010). Retrieved from <https://www-intuidoc.irisa.fr/en/base-de-donnees-en-ligne-sign-ondb> (Date of access: 20.08.2023).
 3. Fuccella V., Isokoski P., Martin B. Gestures and widgets: performance in text editing on multi-touch capable mobile devices. (2013). Retrieved from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2470654.2481385> (Date of access: 20.08.2023).
 4. Delaye A., Anquetil. E. HBF49 feature set: A first unified baseline for online symbol recognition. (2013). Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031320312003317> (Date of access: 20.08.2023).
 5. Understanding RNN and LSTM. (2019). Retrieved from <https://towardsdatascience.com/understanding-rnn-and-lstm-f7cdf6dfc14e> (Date of access: 20.08.2023).
 6. Rekurentni spivvidnoshennia. (2020). Retrieved from http://matfiz.univ.kiev.ua/informatics/lectures/Theme3_2.htm (Date of access: 20.08.2023) [in Ukrainian].
 7. Gated Recurrent Units (GRU). (2020). Retrieved from https://d2l.ai/chapter_recurrent-modern/gru.html (Date of access: 20.08.2023).
-

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.661.2:005.591.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.12>

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТОМАТНОЇ ПАСТИ В УМОВАХ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ

Горач О. О. – доктор технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-8737-5002

Вихованець Р. М. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0000-8039-4510

В статті проведено дослідження показників якості томатної пасты, проведено аналіз нормативно-технічної документації та вимог до виробництва, транспортування та зберігання. Особливу увагу приділено існуючим технологіям виробництва та умовам зберігання томатної пасты. Зазначено, що на сьогоднішній день основними виробниками є підприємства різної форми власності Півдня України.

Вивчення показників якості та термінів зберігання томатної пасты є актуальним завданням, особливо в контексті забезпечення якості та безпеки харчових продуктів для споживачів. Виробництво томатної пасты в Україні є однією з найрозвиненіших галузей харчової промисловості. Крім того, томатна паста широко використовується в харчовій промисловості при виготовленні різних соусів, овочевої і рибної консервації. Тому попит на цей продукт завжди стабільний і ще не в повній мірі забезпечується вітчизняними виробниками.

Вітчизняні виробники томатної пасты використовують різні технології переробки томатів, що впливає на якість і термін зберігання продукту. На сьогоднішній день вітчизняний ринок заповнено томат-продуктами як імпортного, так і вітчизняного виробництва, які не завжди відповідають вимогам нормативних документів. Якість томат-продуктів безпосередньо залежить від якості сировини, що надходить на переробку, серед якої переважно є томати механізованого збору. Тому дослідження показників якості томатної пасты та терміну її придатності є актуальним питанням для забезпечення безпеки та якості продукту для споживачів. Наведені дослідження допоможуть виробникам підвищити якість продукту та дозволить сформулювати дієві поради виробникам і споживачам.

Ключові слова: томатна паста, продукт, показники якості, технологія, виробництво, нормативні-технічні документи.

Gorach O. O., Vykhovanets R. M. Features of the production of tomato pasta in the conditions of food safety

Setting objectives. The article examines the quality indicators of tomato paste, analyzes regulatory and technical documentation and requirements for production, transportation, and storage. Special attention is paid to existing production technologies and storage conditions of tomato paste. It is noted that today the main producers are enterprises of various forms of ownership in the South of Ukraine.

Research results. The study of quality indicators and shelf life of tomato paste is an urgent task, especially in the context of ensuring the quality and safety of food products for consumers. The production of tomato paste in Ukraine is one of the most developed branches of the food industry. In addition, tomato paste is widely used in the food industry in the preparation of various sauces, vegetable and fish preservation. Therefore, the demand for this product is always stable and is not yet fully met by domestic manufacturers.

Domestic producers of tomato paste use various tomato processing technologies, which affects the quality and shelf life of the product. Today, the domestic market is filled with tomato products of both imported and domestic production, which do not always meet the requirements of regulatory documents. The quality of tomato products directly depends on the quality of the raw materials for processing, which mainly include mechanically harvested tomatoes.

Conclusions. Therefore, the study of the quality indicators of tomato paste and its shelf life is an urgent issue to ensure the safety and quality of the product for consumers. The above studies will help manufacturers to improve the quality of the product and will allow forming effective advice to manufacturers and consumers.

Key words: tomato paste, product, quality indicators, technology, production, regulatory and technical documents.

Постановка проблеми. Сучасний стан виробництва томатної пасти в Україні є досить розвиненим. За даними статистики, в 2020 році в Україні було вироблено більше 108 тис. тонн томатної пасти, що на 19% більше, ніж у 2019 році. Найбільші кластери виробництва томатної пасти в Україні зосереджені в Херсонській, Запорізькій та Миколаївській областях. Також значну кількість томатної пасти виробляють у Черкаській, Вінницькій, Одеській, Хмельницькій, Полтавській, Житомирській та інших регіонах України. На рис. 1 наведено динаміку врожайності томатів в розрізі ґрунту у 2016–2019 рр., ц/га.



Джерело: за даними Державної статистики України

Рис. 1. Динаміка врожайності томатів в розрізі ґрунту у 2016–2019 рр., ц/га

Аналізуючи дані Державної статистики України, можна зробити висновок, що у 2017–2018 рр. врожайність теплиць 4 рази більша, ніж польового вирощування. З 2018–2019 рр. врожайність теплиць становила в 3 рази більше, порівняно з польовим вирощуванням за попередній період, що можна пояснити падінням

врожайності теплиць, а також із використанням застарілого обладнання в теплицях, зростанням цін на електроенергію та ін.

На рис. 2 представлено структуру ринку виробництва томатів за обсягом в Україні у 2021–2022 рр., в натуральному вираженні, %.

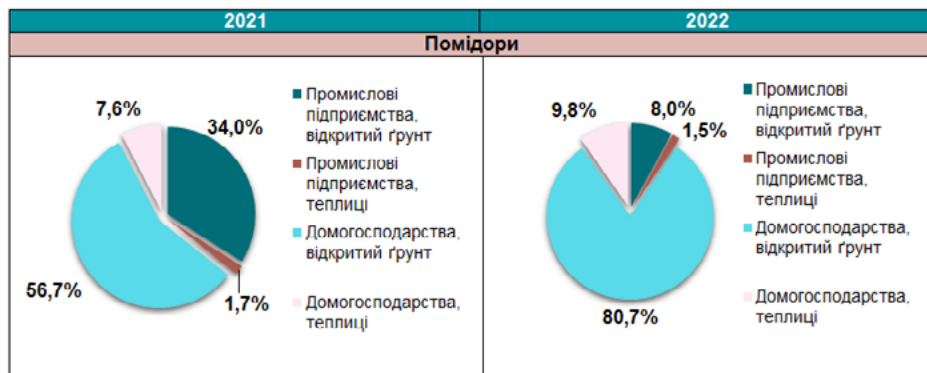


Рис. 2. Структура ринку виробництва томатів за обсягом в Україні у 2021–2022 рр., в натуральному вираженні, %

Аналізуючи дані представлені на рис. 2, можна зробити висновок, що у 2021 р. більша частина ринку 56,7% відведена під домогосподарства з відкритим ґрунтом, тоді як їх кількість в 2022 р. зросла на 24% і становила 80,7%. У 2021 р. кількість промислових підприємств з відкритим ґрунтом становила – 34,0%, тоді як їх кількість в 2022 р. суттєво зменшилася і становила 8,0%. Домогосподарства представлені теплицями за цими роками кількісно майже не змінилися так само як і виробництво томатів в промислових підприємствах теплицях [1–3].

Таким чином, на основі аналізу даних представлених на рис. 1, 2, можна зробити висновок, що вирощування в закритому ґрунті останнім часом стає дедалі популярнішим напрямом розвитку аграрного ринку. Все завдяки своїй економічній вигідності та мінімізації ризику втрати врожаю через погодні умови. Саме вирощування в теплицях має великі перспективи в експорті, оскільки попит на овочі та зелень зростає у зв'язку із трендом на здоровий спосіб життя. В Україні ж, незважаючи на зростаючі площі закритого ґрунту, вирощування в теплицях поки не особливо розвинене, частково з тієї причини, що, порівняно з вирощуванням у відкритому ґрунті, початок тепличного бізнесу потребує великих інвестицій.

На сьогодні виробники томатної пасти в Україні використовують різні технології та різні сировинні бази. Також на ринку присутні як вітчизняні, так і закордонні підприємства томатної пасти. Однак, якість та термін зберігання можуть відрізнятися різних виробників. На сьогоднішній день в Україні виробництво томатної пасти зосереджене в основному в країнах з великим аграрним сектором, таких як Індія, Китай, Італія та США. Однак, в Україні також існують підприємства, які займаються виробництвом томатної пасти, хоча їхня кількість зазвичай досить невелика порівняно з іншими країнами [4–6].

Серед найбільших виробників томатної пасти в Україні можна виділити такі компанії, як «Сандора», «Крафт Фудз Україна», «Індустрія продуктів харчування», «Тарас», «Дерев'янок», «Світоч» та інші. Більшість із цих компаній виробляють томатну пасту у складі інших продуктів, таких як кетчуп, соуси тощо. В Україні

також є підприємства, які виробляють томатну пасту як окремий продукт, але вони не настільки поширені, як підприємства, які виробляють томатну продукцію у складі іншої продукції.

Сучасні виробники томатної пасти в Україні використовують різні технології та обладнання для виробництва цього продукту. Деякі з цих компаній використовують традиційні методи виробництва томатної пасти, такі як варіння помідорів у каструлі на відкритому вогні, тоді як інші використовують більш сучасні методи, такі як концентрування під вакуумом або центрифугування, що дозволяє зберегти більше поживних речовин.

На сьогоднішній день, виробництвом томатної пасти в Україні є певні проблеми, а саме низький рівень механізації виробництва та використання відстаючої технології позначиться на якості та терміні зберігання продукції. Крім того, виробники не завжди дотримуються вимог охорони здоров'я та безпеки при використанні добавок та консервантів, що може створити певні ризики для споживачів даної продукції.

Таким чином, дослідження сучасних технологій виробництва, якості та терміну придатності томатної пасти є важливим завданням для забезпечення продовольчої безпеки та якості харчових продуктів на вітчизняному ринку. Отримані результати можуть допомогти споживачам зробити усвідомлений вибір томатної пасти захистити своє здоров'я.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження сучасних технологій виробництва, показників якості та термінів зберігання томатної пасти.

Виклад основного матеріалу. Виробництво томатної пасти передбачає проведення декількох стадій обробки томатів з метою видалення шкірки, насіння та вологи, а також отримання однорідної маси. Першим етапом є приймання томатів та їх підготовка до подальшої обробки. В цьому процесі проводиться відбір здорових томатів та видалення зіпсованих, недозрілих та перезрілих. Наступним етапом після відбору є промивання водою, а потім очищуються від шкірки та насіння. Для цього використовуються спеціальні машини – де сепаратори. Після очищення томати розмелюються, щоб отримати однорідну масу та проводять консервування для цього процесу використовують різні методи: термічна обробка, заморожування або висушування. Після виготовлення продукту проводять пакування в контейнери. Упакована томатна паста зберігається в умовах, які передбачені нормативно-технічним документом, для збереження її якості і безпеки [7–8].

На рис. 3 наведено схему виробництва томатної пасти.

Важливим етапом виробництва томатної пасти є контроль якості виробів на кожному етапі технологічного процесу. Для цього використовуються різноманітні методи аналізу та оцінки якості, які дозволяють визначити відповідність консервованої томатної пасти стандартам якості та безпечності. Такі методи включають в себе органолептичну оцінку, а саме смак, запах, колір тощо та визначення рівня рН, вмісту вологи, цукру, кислотності та інших показників.

Для забезпечення високої якості томатної пасти також важливим є дотримання правил санітарно-гігієнічного режиму на підприємстві, а також використання сучасного обладнання та технологій.

Таким чином, проведений аналіз технологічного процесу виробництва томатної пасти дозволяє зробити висновок, що основою якісного виробництва є якісна сировина, а також сучасне технологічне обладнання, що дозволить зменшити енергоємність та матеріалоємність виробництва.

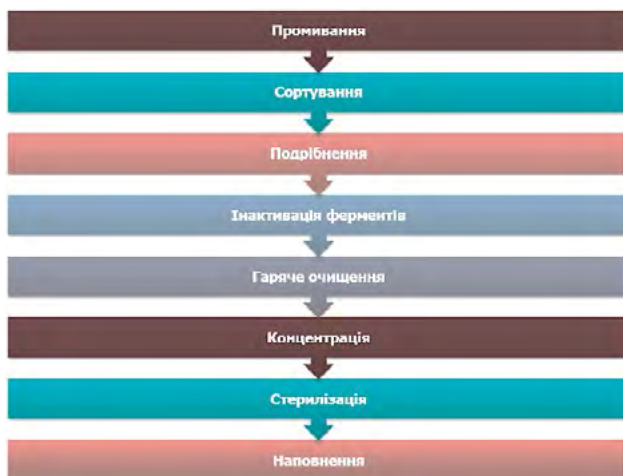


Рис. 3. Схема виробництва томатної пасту

На сьогоднішній день в Україні на помідори свіжі діє ДСТУ 3246-95 «Томати свіжі. Технічні умови». Свіжі томати залежно від призначення поділяються на: томати для споживання у свіжому вигляді, томати для цільноплідного консервування і консервів для дитячого харчування та томати для соління [6].

Отже, виробництво томатної пасту є складним технологічним процесом, який передбачає проведення декількох етапів обробки томатів. Важливим етапом є контроль якості виробів на кожному етапі технологічного процесу, а також дотримання правил санітарно-гігієнічного режиму на підприємстві.

Виробництво томатної пасту в Україні регулюється законами та нормативними актами. Серед них такі:

- Закон України «Про захист прав споживачів» встановлює вимоги до якості томатної пасту, що продається на території України. Згідно з цим законом, товари повинні відповідати встановленим вимогам якості та безпеки для здоров'я споживачів.

- Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.03.2017 № 100 «Про затвердження Технічних умов на томатну пасту» визначає вимоги до технічних характеристик томатної пасту, її складу та маркування.

- Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 05.06.2012 № 458 «Про затвердження Гігієнічних нормативів максимально допустимих рівнів пестицидів та агрохімікатів у харчових продуктах» встановлює максимально допустимі рівні пестицидів та агрохімікатів у томатній пасті.

- Державний стандарт України ДСТУ 4416:2005 «Томатна паста. Технічні умови» визначає вимоги до якості томатної пасту, її складу, упаковки та маркування [7].

- Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 12.07.2016 № 1071 «Про затвердження Правил продажу товарів дистанційним способом» встановлює вимоги до продажу томатної пасту дистанційним способом через Інтернет-магазини та інші електронні платформи.

Для регулювання якості томатної пасту існують різні нормативно-технічні документи. Залежно від країни та регіону, в якому виробляється паста, можуть застосовуватись різні стандарти та вимоги:

Стандарти Європейського Союзу:

- Регламент ЄС 853/2004 «Затвердження специфічних гігієнічних вимог щодо продуктів харчування тваринного походження»;
- Регламент ЄС 1881/2006 «Встановлення максимально допустимих рівнів деяких забруднювачів у харчових продуктах»;
- Регламент ЄС 1333/2008 «Встановлення спільних функціональних критеріїв для харчових добавок». Стандарти США:

- стандарти Федерального управління з харчових продуктів і лікарських засобів (FDA);
 - стандарти Департаменту сільського господарства США (USDA);
- Міжнародні стандарти:
- кодекс харчових продуктів (Codex Alimentarius) – розроблений спільною робочою групою ФАО/ВОЗ;
 - стандарти Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

Додатково, кожна країна може мати власні національні стандарти та регуляторні документи, які встановлюють вимоги до якості томатної пасти. Наприклад, в Україні це можуть бути державні стандарти ДСТУ, нормативні документи Міністерства охорони здоров'я тощо.

Крім того, виробники кетчупу повинні дотримуватись вимог охорони навколишнього середовища, особливо збору та утилізації відходів виробництва, а також використання екологічно безпечних методів виробництва. Також, виробники повинні мати всі дозволи та сертифікати, необхідні для виробництва та реалізації томатної пасти, у тому числі дозвіл на використання пестицидів та інших агрохімікатів.

Виробники томатної пасти можуть бути притягнуті до адміністративної, цивільної та кримінальної відповідальності за порушення вимог законодавства.

Переробна промисловість надає різноманітну продукцію з томатів, від консервів до томатного пюре, включаючи томатний сік, томатний суп, різні соуси, томатну пасту, томатну пасту і томатне пюре.

Для перероблених промислових томатів особливо важливий колір, тому плоди повинні бути однорідними, яскраво-червоними, без тріщин і потемнінь. Ці параметри вимірюються різними методами, включаючи спектрофотометричні та колориметричні.

Плоди з високим загальним вмістом сухої речовини не потребують випарювання, що дозволяє уникнути необхідності утилізації води, отриманої під час обробки, з усіма пов'язаними з цим витратами.

Важливою характеристикою у виробництві паст є в'язкість, яка пов'язана з вмістом нерозчинних твердих речовин. Зазвичай вимірюється за допомогою вискозиметра або консистенції – результат виражається в одиницях Боствіка (см) або сантипуазах. Прийнятні діапазони залежать від методу та продукту. В Іспанії компанії вимагають показники в межах 4–8 для Bostwick і 12° для Vrix.

Кислоти, представлені в основному лимонною та яблучною визначають смак продуктів переробки. Кислотність вимірюється за допомогою простої оцінки рН і коливається в межах 4–5, що є типовим для томатів. Загальну кислотність можна виміряти хроматографічним або ферментативним методом, де потрібно 0,35–0,40 г/100 мл соку. Крім того, компанія вимірює загальну титровану кислотність або летку кислотність після дистиляції.

Не підлягають використанню плоди помідорів з незагоєними тріщинами, зелені, розчавлені, перезрілі, гнилі, уражені хворобами, сільськогосподарськими хворобами та шкідниками, засохлі, підмерзлі, прилипли до землі.

В умовах роздрібної торговельної мережі помідори рекомендується зберігати при кімнатній температурі: червоних дозрівання – від 1 до 2°C, не більше 2–4 тижнів; коричневих і рожевих – від 4 до 6°C, не більше 1 місяця; молочні продукти – від 8 до 10°C – не більше 3–4 тижнів. Відносна вологість повітря повинна бути 85–90%.

Овочі томатів уражаються грибовими захворюваннями: фітофторою (бура плямистість), верхівковою гниллю (утворюються чорні плями на верхівці плодів), чорною гниллю, фузаріозом.

Упаковка. Готові до фасування свіжі помідори не повинні намокнути. Помідори свіжі упаковують в ящики за ГОСТ 17817, 20463 щільними рядами врівень з краєм тари.

При перевезенні свіжих томатів у межах області за погодженням із споживачами дозволяється використовувати для фасування свіжих томатів насипні ящики. Тара для фасування свіжих томатів повинна бути повною, твердою, сухою, чистою, без сторонніх запахів.

Транспортне маркування повинно відповідати ГОСТ 14192. На кожній пакувальній одиниці або упаковці вказується: найменування продукції та ботанічного сорту; найменування постачальника; номер партії; дата збирання, упаковки, відвантаження; номер бригади або пакувальника; позначення цього стандарту.

Транспортування та зберігання плодів томатів. Свіжі помідори транспортують різними видами транспорту, які відповідають правилам перевезення швидкопсувних вантажів, що діють на цьому виді транспорту.

Свіжі помідори в стадії молочної стиглості, повністю сформовані, влітку допускаються до перевезення на далекі відстані (міжобласні перевезення) без охолодження. Свіжі червоні стиглі помідори дозволяють перевозити по місцевості за допомогою автоматизованих рефрижераторів та автомобілів. При транспортуванні свіжих томатів рефрижераторами висота штабелювання ящиків не повинна бути нижче 1,6 м і не вище 2,4 м.

Допускається транспортування томатів у транспортній тарі за ГОСТ 24597 і ГОСТ 26663. Спосіб кріплення та спосіб упаковки по ГОСТ 21650. Основні розміри тари по ГОСТ 24597. Зберігають свіжі помідори в закритому, чистому, провітрюваному приміщенні. Помідори червоні (жовті, помаранчеві), рожеві зберігаються не більше 1–1,5 місяців при температурі 0–20°C, коричневі стиглість 4–6°C, молочна 8–10°C, зелені. стиглість 12–14°C – не більше 1 місяця. Відносна вологість повітря при зберіганні повинна бути 85–90% [9; 10].

Висновки. На основі проведеного аналізу виробництва, враховуючи особливості та необхідність технологічних ліній, можна зробити висновок, що для регулювання якості томатної пасти існують різні нормативно-технічні документи, залежно від країни та регіону, в якому виробляється паста, можуть застосовуватись різні стандарти та вимоги. Нормативно-технічні документи можуть визначати вимоги щодо фізичних, хімічних, органолептичних та мікробіологічних характеристик томатної пасти, а також умов виробництва, зберігання та маркування продукту.

Важливо зазначити, що нормативно-технічні вимоги можуть змінюватися з часом, тому рекомендується перевіряти актуальність документів та використовувати оновлені версії при проведенні досліджень чи виробництві томатної пасти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Розвиток вітчизняного ринку: бізнес-план підприємства по виробництву томатної пасти. Веб-сайт. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/razvitie-otechestvennogo-rynka-biznes-plan-predpriyatiya-po-proizvodstvu-tomatnoj-pasty>

2. Ульянченко О. В. Стан та перспективи розвитку овочепереробної галузі України / О. В. Ульянченко, Н. В. Прозорова. Вісник Харківського Національного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки. 2014. № 7. С. 49–57.
3. Басюркіна Н. Й. Стратегія економічного розвитку галузей харчової промисловості (на прикладі плодоовочевої консервної промисловості України) : автореф. дис. ... канд. екон. наук: спец. 08.07.01 «економіка промисловості». Одеса, Інститут проблем ринку та економікоекологічних досліджень. 2006. 24 с.
4. Al-Harahsheh M, Al-Muhtaseb AH, Magee TRA. Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration. *Chem Eng Process.* 2009;48:524–531.
5. Zhang L. Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Barrett, D. M. Future innovations in tomato processing. IN: 13th Symposium on the Processing Tomato. *Actae Horticulturae.* 2015. № 1081. P. 49-55.
6. ДСТУ 3246-95 «Томати свіжі. Технічні умови».
7. ДСТУ 4416:2005 «Томатна паста. Технічні умови». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1177-2005-%D0%BF>
8. ДСТУ 5081:2008. Продукти томатні концентровані.
9. Дубініна А.А., Шапорова Т.М., Ольховська В.С. Проектування томатопродуктів з заданим комплексом показників харчової цінності. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : зб. наук. пр.; *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка.* 2005. Вип. 38. С. 128–134.
10. Горач О.О., Новікова Н.В. Товарознавство харчових продуктів: навч. посіб. для вузів / О.О. Горач, Н.В. Новікова, Херсон : ХДАЕУ, 2023. 345 с.

REFERENCES:

1. Rozvytok vitchyznianoho rynku: biznes-plan pidpriemstva po vyrobnytstvu tomatnoi pasty. Veb-sait URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/razvitie-otechestvennogo-rynka-biznes-plan-predpriyatiya-po-proizvodstvu-tomatnoj-pasty>
2. Ulianchenko O. V. (2014) Stan ta perspektyvy rozvytku ovochepererobnoi haluzy Ukrainy / O. V. Ulianchenko, N. V. Prozorova. Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho universytetu im. V. V. Dokuchaieva. Ser.: Ekonomichni nauky. № 7. S. 49–57.
3. Basiurkina N. Y. (2006) Stratehiia ekonomichnoho rozvytku haluzei kharchovoi promyslovosti (na prykladi plodoovochevoi konservnoi promyslovosti Ukrainy) : Avtoref. dys. ... kand. ekon. nauk: spets. 08.07.01 «ekonomika promyslovosti» / N. Y. Basiurkina. Odessa, Instytut problem rynku ta ekonomikoekolohichnykh doslidzhen. 24 s.
4. Al-Harahsheh M, Al-Muhtaseb AH, Magee TRA. (2009) Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration. *Chem Eng Process.*; 48: 524–531.
5. Zhang L. (2015) Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Barrett, D. M. Future innovations in tomato processing. IN: 13th Symposium on the Processing Tomato. *Actae Horticulturae.* № 1081. R. 49-55.
6. DSTU 3246-95 «Tomaty svizhi. Tekhnichni umovy».
7. DSTU 4416:2005 «Tomatna pasta. Tekhnichni umovy». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1177-2005-%D0%BF>
8. DSTU 5081:2008. Produkty tomatni kontsentrovani.
9. Dubinina A.A., Shaporova T.M., Olkhovska V.S. (2005) Proektuvannia tomato- produktiv z zadanyim kompleksom pokaznykiv kharchovoi tsinnosti. Suchasni napriamky tekhnolohii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv : zb. nauk. pr.; Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka. Vyp. 38. S. 128–134.
10. Horach O.O., Novikova N.V. (2023) Tovarovnavstvo kharchovykh produktiv: navch. posib. dlia vuziv / O.O. Horach, N.V. Novikova, Kherson : KhDAEU, 345 s.

УДК 621.789.001:664.346

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.13>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА БЕЗПЕЧНІСТЬ МАЙОНЕЗУ

Дзюндзя О. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1996-7065

Горач О. О. – доктор технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-8737-5002

Резвих Н. І. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4727-512X

Майонези – найбільш поширена емульсія типу «олія у воді» або «вода у олії». Даний продукт виготовляється різної жирності, тому для забезпечення необхідної консистенції і якості необхідно правильно підібрати рецептурний склад та технологічне обладнання для гомогенізації. Враховуючи всі технологічні особливості доцільним є вирішення питання впливу ультразвукового впливу на якість та строки зберігання готового продукту.

Метою роботи є вивчення впливу ультразвукових гомогенізаторів на якість та безпечність майонезів різної жирності.

Ультразвукова обробка – це екологічна технологія та одна з нових методик збереження харчових продуктів. Механізм антимікробної функції полягає в розрідженні клітинних мембран і руйнуванні клітинних стінок мікробів, локальному нагріванні та виробленні вільних радикалів.

Найбільш оптимальною є гомогенізація майонезної маси при частотах хвиль від 22 кГц до 40 кГц і тривалістю від 5 до 15 хв (тривалість імпульсу ввімкнення 2 с і вимкнення 2 с). Дослідні зразки майонезів були отриманні за допомогою таких параметрів: частота – 22 кГц, тривалість – 15 хв.

Дослідженням дослідних і контрольних зразків не виявлено патогенних організмів, бактерій групи кишкової палочки та пліснявих грибів впродовж всього терміну зберігання. Встановлено значне зменшення культур в зразках, що обробленні ультразвуком порівняно з контрольним зразком. Отже, ультразвукова обробка пригнічує розвиток мікроорганізмів, що свідчить про якість та безпечність даної продукції.

За смаковими показниками різко виражених відмінностей в досліджуваних зразках виявлено не було. Отже, можна стверджувати про перспективність і доцільність використання ультразвукових гомогенізаторів при виробництві продукції різної жирності. Відповідно, зроблено висновок, що ультразвукова обробка є безпечним методом виробництва емульсійних продуктів різної жирності не впливаючи на якість і безпечність. Також варто відзначити, що використання ультразвукових гомогенізаторів дозволяє знизити витрати на виробництво та заощадити ресурси.

Ключові слова: майонез, соус, емульсія, гомогенізатор, ультразвук, безпечність, мікроорганізми.

Dzyundzja O. V., Gorach O. O., Rezykh N. I. Research of the influence of ultrasonic equipment on the quality of mayonnaise

Mayonnaise is the most extended emulsion of the “oil in water” or “water in oil” type. This product is produced with different fat content, therefore, in order to ensure the necessary consistency of quality, it is necessary to correctly select the recipe composition and technological

equipment for homogenization. Taking into account all technological features, it is advisable to solve the issue of the influence of ultrasonic exposure on the quality and shelf life of the finished product.

The method of work is to study the influence of ultrasonic homogenizers on the quality and safety of mayonnaises of different fat content.

Ultrasonic processing is an ecological technology and one of the new methods of food preservation. The mechanism of the antimicrobial function occurs in the liquefaction of cell membranes and the destruction of the cell walls of microbes, local heating and the production of free radicals.

The most optimal is the homogenization of the mayonnaise mass at wave frequencies from 22 kHz to 40 kHz and duration from 5 to 15 min (pulse duration of 2 s and off 2 s). Test samples of mayonnaise were obtained using the following parameters: frequency – 22 kHz, duration – 15 minutes.

Examination of test and control samples did not reveal pathogenic organisms, the bacterial group of *Escherichia coli* and mold fungi during the entire storage period. A significant reduction in culture was found in the sonicated samples compared to the control sample. So, ultrasonic treatment promotes the development of microorganisms that work on the quality and safety of these products.

According to these indicators, no sharp differences were found in the studied samples. Therefore, it is possible to assert the perspective and expediency of using ultrasonic homogenizers in the production of products of different fat content. Thus, it was concluded that ultrasonic treatment is a safe method for the production of emulsion products of different fat content, without affecting quality and safety. It is also worth noting that the use of ultrasonic homogenizers allows you to reduce production costs and save resources.

Key words: mayonnaise, sauce, emulsion, homogenizer, ultrasound, safety, microorganisms.

Вступ. Харчовою промисловістю виготовляється широкий асортимент емульсійної продукції, а саме, кетчупів, майонезів, фруктових та інших соусів. Найбільш популярними є майонези, які представляють собою емульсію типу «олія у воді» або «вода у олії». Для отримання гарних технологічних характеристик і фізико-хімічних властивостей до рецептур додаються різні смако-ароматичні добавки, емульгатори, стабілізатори та згущувачі. Стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, попит споживачів на здорове харчування та нові смаки змушують виробників бути в постійному пошуку інновацій. Однак важливим є вирішення питання виробництва якісної і безпечної продукції з урахуванням вимог споживачів та застосування ресурсоощадних технологій.

Постановка проблеми. Емульсія, що складається з двох або більше незмішуваних рідин, таких як олія і вода, являє собою колоїдну суспензію, в якій одна з фаз тонкодиспергована в інші фази у вигляді крапель [1]. Колоїдні суспензії широко використовуються в харчовій промисловості (наприклад, молоко, вершки, напої, заправки та майонез), а також у косметичній та фармацевтичній галузях завдяки їхнім чудовим властивостям диспергування та інкапсуляції [1–4]. Однак невідомі випадки окислення ліпідів і мікробного забруднення залишаються ключовими проблемами під час обробки, зберігання та споживання емульсійних продуктів [5]. Перекисне окислення ліпідної фази в емульсіях призводить до утворення небажаних присмаків і потенційно токсичних побічних продуктів [6]. Патогени харчового походження, такі як патогенний золотистий стафілокок і кишкова паличка, можуть легко розмножуватися в емульсійному стані; отже, вони викликають сильне псування та харчові отруєння [7]. Ці небезпеки необхідно подолати за допомогою відповідних технологій, оскільки вони знижують якість продукції та ставлять під загрозу безпеку споживачів. Враховуючи, що майонези мають різну жирність, а для забезпечення необхідної консистенції і якості необхідно правильно підібрати рецептурний склад та технологічне обладнання для гомогенізації, невирішеним є питання впливу ультразвукового впливу на якість та строки зберігання.

Мета дослідження. Метою роботи є вивчення впливу ультразвукових гомогенізаторів на якість та безпечність майонезів різної жирності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив різноманітних згущувачів та емульгаторів на реологічні характеристики емульсій типу майонез досліджувались багатьма науковцями [1–11]. Для стабілізації емульсій використовують різноманітні згущувачі, особлива увага приділяється вивченню реологічних характеристик отриманих на їх основі майонезів [6; 8; 10]. Варто відзначити, що велика увага, також, приділяється вивченню альтернативних загусників та штучних емульгаторів для виготовлення продукції з пониженим вмістом жирів [12; 13].

Відомо, що жири в емульгованому стані краще засвоюються, тому процес емульгування дозволяє отримати як певні технологічні характеристики так і фізико-хімічних властивості.

Зважаючи на попит на продукцію високої якості виробниками використовуються різноманітне обладнання, як вітчизняне так і іноземне, однак найбільша увага приділяється процесу гомогенізації майонезної маси з метою отримання якісного і безпечного продукту.

В залежності від типу дії гомогенізуючого обладнання можна отримати певні види емульсій різної жирності. Так для виробництва майонезів високої жирності використовуються роторно-статорні гомогенізатори, а для низької жирності такі, що працюють на основі дії високого тиску (плунжерні, клапані) [14–16]. Використання не правильно підбраного обладнання призводить до виробництва неякісної продукції, що характеризується нерівномірним подрібненням речовин. Тому у виробників є необхідність використання декількох гомогенізуючих установок різного типу дії, що дозволяють отримати якісний продукт різної жирності. А це в свою чергу є нерациональним бо потребує додаткові витрати на обслуговування та використовуються значні виробничі площі.

Однак, варто звернути увагу на ультразвукові гомогенізатори. Це відносно нова технологія яка за рахунок використання ультразвуку дозволяє отримати емульсії з часточками до 1 мкм. Визначення якості емульсій майонезу і визначають актуальність даної роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ультразвукова обробка – це екологічна технологія та одна з нових методик збереження. Дослідженнями науковців [17] встановлено, що його дія може усувати активність мікробів, руйнувати клітини та денатурувати ферменти, зберігаючи харчову цінність і органолептичні характеристики (консистенцію, колір і смак). Відповідно, процес має наступні переваги, такі як прискорення швидкості стерилізації харчових продуктів, значна економія енергії, конкурентоспроможна вартість, екологічність, високий ступінь безпеки та більша однорідність. Механізм антимікробної функції полягає в розрідженні клітинних мембран і руйнуванні клітинних стінок мікробів, локальному нагріванні та виробленні вільних радикалів. Інактиваційний ефект ультразвуку пов'язаний з утворенням внутрішньоклітинної кавітації, і ці механічні удари можуть порушити клітинні структурні та функціональні компоненти аж до лізису клітин [18].

Кавітація стимулюється наявністю в рідині газу та носить місцевий характер, тобто поширюється по всій масі рідини, яка піддається дії ультразвукових хвиль. В майонезній масі з'являються та раптово зникають безліч новоутворених порожнин, що спричиненні створенням різниці швидкостей у рідині, що приводиться в рух поблизу цих кавітаційних порожнин. Тобто, ультразвукове поле створює хвилі, що поширюються на межі олії і води, які згодом стають нестабільними. Ці хвилі призводять до виверження масляної фази в суцільну водну фазу (у типовій

системі емульгування олія у воді), що призводить до утворення середніх і великих крапель. Крім того, ультразвукова обробка створює серію миттєвих хвиль стиснення та розширення [19].

Найбільш оптимальною є гомогенізація майонезної маси при частотах хвиль від 22 кГц до 40 кГц і тривалістю від 5 до 15 хв (тривалість імпульсу ввімкнення 2 с і вимкнення 2 с). Дослідні зразки майонезів були отриманні за допомогою таких параметрів: частота – 22 кГц, тривалість – 15 хв. Відомо, що стійкість емульсії підвищується зі збільшенням дисперсності жирової фази. Тому під час емульгування бажано одержати рівномірний розподіл часток дисперсної фази за розмірами, а самі розміри повинні бути мінімально можливими. Так, високоякісний майонез, що не розшаровується, одержують тоді, коли основна (95%) частина жирових часток має розмір не більше 8...10 мкм. Часток розміром понад 10 мкм повинне бути близько 1...2%. Для ефективного емульгування необхідна оптимальна швидкість процесу, тому що за більших швидкостей виникають занадто тонкі плівки стабілізатора, які не забезпечують достатнього захисту проти коалесценції. За умов оптимальної швидкості емульгування формуються настільки пробні захисні оболонки, що навіть під час тривалого зберігання жирова фаза практично не коалісцує. У разі швидкості емульгування менше оптимальної, стабілізатор нерівномірно розподіляється на поверхні розподілу, унаслідок чого кількість жирової фази, що знову утворилась, виявляється слабо захищеною і тому менш стійкою.

Під час отримання емульсії за допомогою ультразвуку на кінцевий ефект емульгування впливає низку чинників, у тому числі: інтенсивність і частота ультразвуку, температура компонентів, що змішуються, тривалість обробки ультразвуком, концентрація жирової фази й концентрація емульгатора і стабілізатора.

Однак, важливим, окрім механізму утворення емульсії, є визначення безпечності майонезів утворених шляхом ультразвукової гомогенізації. Нами були проведені дослідження мікробіологічних змін майонезу під час ультразвукової обробки та різного терміну зберігання. Адже відомо, що ультразвукова обробка дозволяє отримати майонезну продукцію з різною концентрацією жиру і даний спосіб є універсальним, бо гомогенізатори даного типу дозволяють отримувати продукцію різної жирності. Було проведено дослідження зразків майонезу з високим і низьким вмістом жирів. Таким чином, було визначено вплив обробки ультразвуком порівняно зі звичайними консервантами на виживання мікроорганізмів під час зберігання при +4°C. Механізм кавітаційної ерозії майонезу було досліджено за допомогою спостереження через різні проміжки часу.

Після гомогенізації готовий продукт йде на фасування, тому важливим є визначення впливу обробки ультразвуку на виживання патогенних мікроорганізмів. Досліджуванні зразки майонезів мали кисле середовище з рН-4,6. Впродовж всього періоду вивчення бактерії *Escherichia Coli* та гетероферментативні молочнокислі бактерії виявлені не були. Відповідно до стандарту ДСТУ 4487:2005 «Майонези. Загальні технічні умови» в готовому продукті не допускається наявність бактерій групи кишкових паличок (коліформи) та патогенних мікроорганізмів (в тому числі *Salmonella*). Дослідження зразків вказали на відсутність даних культур у майонезах впродовж всього терміну зберігання.

Плісняві гриби, рідко зустрічаються в харчових продуктах, що містять оцтову кислоту. Оцет є обов'язковим інгредієнтом для майонезних емульсій, його наявність пригнічує розвиток плісняви, а герметичне вакуумне пакування обмежує доступ повітря до продукту, тому розвиток цвілі обмежений. Дослідженням

дослідних і контрольного зразків не виявлено пліснявих грибів впродовж всього терміну зберігання.

Отже, встановлено, що всі зразки досліджуваних майонезів, гомогенізація яких була здійснена гомогенізаторами різної дії не мали патогенних організмів, бактерій групи кишкової палички та пліснявих грибів.

Однак, продукт не є стерильним, були виявленні дозволени мікроорганізми (рисунок 1).

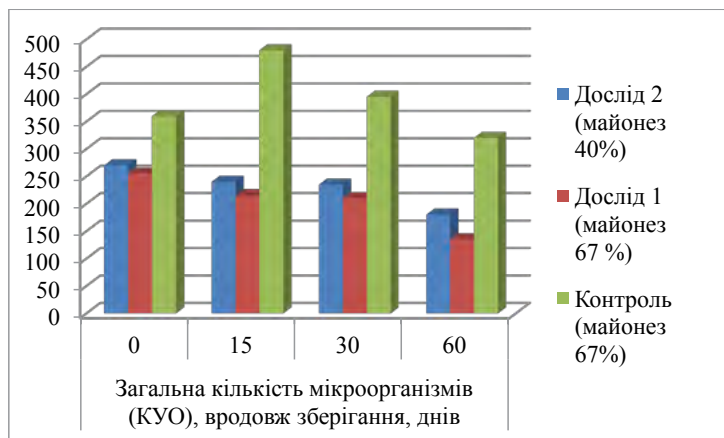


Рис. 1. Загальна кількість мікроорганізмів (KYO) впродовж всього терміну зберігання

Відповідно до стандарту, загальна кількість мікроорганізмів знаходиться в допустимих значеннях. За даними наведеними на Рис. 1 прослідковується значне зменшення культур в зразках, що обробленні ультразвуком порівняно з контрольним зразком. Відповідно, можна констатувати, що ультразвукова обробка пригнічує розвиток мікроорганізмів, що свідчить про якість та безпечність даної продукції.

Отже дія ультразвуку руйнує мікроорганізми, даний процес пояснюється акустичною кавітацією та її фізичними, механічними та хімічними ефектами, які інактивують бактерії та деагломерують скупчення бактерій.

За смаковими показниками різко виражених відмінностей в досліджуваних зразках виявлено не було. Отже, можна стверджувати про перспективність і доцільність використання ультразвукових гомогенізаторів при виробництві продукції різної жирності.

Висновки і пропозиції. В результаті проведеного дослідження встановлено, що попередня обробка ультразвуком при 22 кГц значно зменшила ріст мікроорганізмів у досліджуваних зразках майонезів. Відповідно, зроблено висновок, що ультразвукова обробка є безпечним методом виробництва емульсійних продуктів різної жирності не впливаючи на якість і безпечність. Також варто відзначити, що використання ультразвукових гомогенізаторів дозволяє знизити витрати на виробництво та заощадити ресурси. Перспективою подальших досліджень є розширення асортименту майонезів підвищеної біологічної цінності з використанням нетрадиційної сировини та дослідження впливу ультразвуку на збереженість нутрієнтного складу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mohammed N.K., Ragavan H., Ahmad N.H., Hussin A.S.M. Egg-free low-fat mayonnaise from virgin coconut oil. *Foods and Raw Materials*. 2022, Vol. 10 (1). p. 76–85. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-76-85>
2. Miguel GA, Jacobsen C, Prieto C, Kempen PJ, Lagaron JM, Chronakis IS, *et al.* Oxidative stability and physical properties of mayonnaise fortified with zein electro-sprayed capsules loaded with fish oil. *Journal of Food Engineering*. 2019, Vol. 263, p. 348–358. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.07.019>
3. Taslikh M, Mollakhalili-Meybodi N, Alizadeh AM, Mousavi M-M, Nayeبزadeh K, Mortazavian AM. Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. *Journal of Food Science and Technology*. 2021, Vol. 59(6). p. 2108–2116. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05133-1>
4. Armaforte E, Hopper L, Stevenson G. Preliminary investigation on the effect of proteins of different leguminous species (*Cicer arietinum*, *Vicia faba* and *Lens culinaris*) on the texture and sensory properties of egg-free mayonnaise. *LWT*. 2021, Vol. 136. p. 110341 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110341>
5. Sakai S, Ikeda N. A numerical analysis to evaluate the emulsifying activity of pasteurized egg yolk. *Food Hydrocolloids*. 2022, Vol. 123. p. 107087. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107087>
6. Chen J, Cao C, Yuan D, Xia X, Liu Q, Kong B. Impact of different ionic strengths on protein-lipid co-oxidation in whey protein isolate-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*. 2022, Vol. 385. p. 132700. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132700>
7. Jalali-Jivan M, Abbasi S. Novel approach for lutein extraction: Food grade microemulsion containing soy lecithin and sunflower oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020, Vol. 66. p. 102505. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102505>
8. Patil U, Benjakul S. Physical and textural properties of mayonnaise prepared using virgin coconut oil/fish oil blend. *Food Biophysics*. 2019. Vol. 14(3), p. 260–268. <https://doi.org/10.1007/s11483-019-09579-x>
9. Primacella M, Wang T, Acevedo NC. Characterization of mayonnaise properties prepared using frozen-thawed egg yolk treated with hydrolyzed egg yolk proteins as anti-gelator. *Food Hydrocolloids*. 2019, Vol. 96, p. 529–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.06.008>
10. Park J-Y, Choi M-J, Yu H, Choi Y, Park K-M, Chang P-S. Multi-functional behavior of food emulsifier erythorbyl laurate in different colloidal conditions of homogeneous oil-in-water emulsion system. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2022, p. 636. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.128127>
11. Alvarez-Sabatel S, Martínez de Marañón I, Arboleya J-C. Impact of oil and inulin content on the stability and rheological properties of mayonnaise-like emulsions processed by rotor-stator homogenization or high pressure homogenization (HPH). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 48, p. 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.014>
12. Campbell, B.. Current emulsifier trends in dressings and sauces. *Food Emulsifiers and Their Applications*, 2019. p. 285-298. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29187-7_9
13. Jain, A., Khan, H. W., Jain, P.. Application of biosurfactant as versatile additives or ingredients of food processing. In *Applications of Next Generation Biosurfactants in the Food Sector*. 2023. pp. 111–135
14. Bai C, Dallasega P, Orzes G, Sarkis J. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 2020. Vol. 229. p. 107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
15. Kazemi Z, Safavi AA, Pouresmaeli S, Naseri F. A practical framework for implementing multivariate monitoring techniques into distributed control system. *Control Engineering Practice*, 2019, Vol. 82 p. 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.coneng-prac.2018.10.003>

16. Паска, М. З., Жук, О. І. Використання інноваційного обладнання Fryma Корума МаххD, у виробництві майонезу. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2015, Vol. 2 (10 (74)), p. 58–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.41578>

17. Wang, J., Vanga, S. K., Raghavan, V. High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the microstructure, pectin, carbohydrates and rheological properties. *Food Chemistry*, 2020. Vol. 313, p. 126121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126121>

18. Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.-S., Abert-Vian, M. Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2017. Vol. 41, p. 357–377. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2017.04.016>

19. Zhang, L., Liao, L., Qiao, Y., Wang, C., Shi, D., An, K., Hu, J. Effects of ultrahigh pressure and ultrasound pretreatments on properties of strawberry chips prepared by vacuum-freeze drying. *Food Chemistry*, 2020. Vol. 303. p. 125386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125386>

REFERENCES:

1. Mohammed N.K, Ragavan H., Ahmad N.H., Hussin A.S.M. (2022) Egg-free low-fat mayonnaise from virgin coconut oil. *Foods and Raw Materials.*, 10 (1). 76–85. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-76-85> [in Irak]

2. Miguel GA, Jacobsen C, Prieto C, Kempen PJ, Lagaron JM, Chronakis IS, et al. (2019) Oxidative stability and physical properties of mayonnaise fortified with zein electrosprayed capsules loaded with fish oil. *Journal of Food Engineering.* 263, 348–358. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.07.019> [in Spain]

3. Taslikh M, Mollakhalili-Meybodi N, Alizadeh AM, Mousavi M-M, Nayebzadeh K, Mortazavian AM. (2021) Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. *Journal of Food Science and Technology.* 59(6). 2108–2116. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05133-1> [in Iran]

4. Armaforte E, Hopper L, Stevenson G. (2021) Preliminary investigation on the effect of proteins of different leguminous species (*Cicer arietinum*, *Vicia faba* and *Lens culinaris*) on the texture and sensory properties of egg-free mayonnaise. *LWT.* 136. 110341 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110341> [in UK]

5. Sakai S, Ikeda N. (2022) A numerical analysis to evaluate the emulsifying activity of pasteurized egg yolk. *Food Hydrocolloids.* 123. 107087. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107087> [in Japon]

6. Chen J, Cao C, Yuan D, Xia X, Liu Q, Kong B. (2022) Impact of different ionic strengths on protein-lipid co-oxidation in whey protein isolate-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Chemistry.* 385. 132700. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132700> [in China]

7. Jalali-Jivan M, Abbasi S. (2020) Novel approach for lutein extraction: Food grade microemulsion containing soy lecithin and sunflower oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 66. 102505. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102505> [in Iran]

8. Patil U, Benjakul S. (2019) Physical and textural properties of mayonnaise prepared using virgin coconut oil/fish oil blend. *Food Biophysics.* 14(3), 260–268. <https://doi.org/10.1007/s11483-019-09579-x> [in Thailand]

9. Primacella M, Wang T, Acevedo NC. (2019) Characterization of mayonnaise properties prepared using frozen-thawed egg yolk treated with hydrolyzed egg yolk proteins as anti-gelator. *Food Hydrocolloids.* 96, 529–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.06.008> [in USA]

10. Park J-Y, Choi M-J, Yu H, Choi Y, Park K-M, Chang P-S. (2022) Multi-functional behavior of food emulsifier erythorbyl laurate in different colloidal conditions of homogeneous oil-in-water emulsion system. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical*

and *Engineering Aspects*. 636. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.128127> [in Republic of Korea]

11. Alvarez-Sabatel S, Martínez de Marañón I, Arboleya J-C. (2018) Impact of oil and inulin content on the stability and rheological properties of mayonnaise-like emulsions processed by rotor-stator homogenization or high pressure homogenization (HPH). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 48, 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.014> [in Spain]

12. Campbell, B. (2019). Current emulsifier trends in dressings and sauces. *Food Emulsifiers and Their Applications*, 285–298. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29187-7_9 [in USA]

13. Jain, A., Khan, H. W., Jain, P. (2023). Application of biosurfactant as versatile additives or ingredients of food processing. In *Applications of Next Generation Biosurfactants in the Food Sector*. pp. 111–135 [in India]

14. Bai C, Dallasega P, Orzes G, Sarkis J. (2020) Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229.107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776> [in China]

15. Kazemi Z, Safavi AA, Pouresmaeli S, Naseri F. (2019) A practical framework for implementing multivariate monitoring techniques into distributed control system. *Control Engineering Practice*, 82 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.10.003> [in Iran]

16. Paska, M. Z., Zhuk, O. I. (2015) Vykorystannya innovatsiynoho obladnannya Fryma Koruma MaxxD, u vyrobnytstvi mayonezu. [Use of Fryma Koruma MaxxD innovative equipment in the production of mayonnaise]. *Vostochno-Evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy*, 2(10 (74)), 58–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.41578> [in Ukrainian].

17. Wang, J., Vanga, S. K., Raghavan, V. (2020). High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the microstructure, pectin, carbohydrates and rheological properties. *Food Chemistry*, 313, 126121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126121> [in China]

18. Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.-S., Abert-Vian, M. (2017). Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 357–377. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2017.04.016> [in France]

19. Zhang, L., Liao, L., Qiao, Y., Wang, C., Shi, D., An, K., Hu, J. (2020). Effects of ultrahigh pressure and ultrasound pretreatments on properties of strawberry chips prepared by vacuum-freeze drying. *Food Chemistry*, 303, 125386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125386> [in China]

УДК 664.68:613.24

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.14>

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Дзюндзя О. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1996-7065
Scopus-Author ID: 57200823212

Епанов С. С. – студент магістратури біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0003-4269-4071

Промисловістю виготовляються різноманітний асортимент борошняних кондитерських виробів, зокрема, тортів, тістечок, основою яких є бісквітний напівфабрикат. Враховуючи фізіологічні потреби сучасної людини та дефіцит матеріальних ресурсів актуальним є раціональне використання наявної рослинної бази з метою виробництва продукції підвищеної біологічної цінності.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб дослідити перспективні інгредієнти для виробництва бісквітних напівфабрикатів функціонального призначення.

Аналізуючи асортимент сільськогосподарських культур встановлено, що перспективними джерелами нутрієнтів є різновиди смородини, а саме, порічки та репіс, які мають імуномодуючі та антиоксидантні властивості. При розробленні технології бісквітного напівфабрикату, враховували результати досліджень фізико-хімічних властивостей харчових порошків з локальної сировини (порічки, репіс), жирів, курячих яєць; вплив традиційних сировинних компонентів на структуру тіста і виробів та необхідність вилучення легкозасвоюваних цукрів та жирів, що містять насичені жирні кислоти. За результатами досліджень встановлено, що максимально допустимою є концентрація порошків у кількості 8%. При комбінуванні різного співвідношення порошків найбільш збалансований за смаком був зразок з вмістом 4% порічок та 4% репісу. Встановлено, що внесення данної кількості порошків позитивно впливає на реологічні показники бісквітного напівфабрикату. Встановлено, що при додаванні харчових порошків у дослідному зразку прослідковується збільшення питомого об'єму на 10,88% та пористості на 10,49%.

Дослідження мікробіологічних досліджень підтвердили мікробіологічну безпечність розроблених бісквітних напівфабрикатів. встановлено відсутність БГКШ (коліформи), патогенних мікроорганізмів, дріжджів та пліснявих грибів.

Отже встановлено, що внесення порічок і репісу дозволяє заощадливо використовувати наявні ресурси та збагатити кондитерські вироби біологічно активними компонентами ягід, які мають імуномодуючі та антиоксидантні властивості.

Ключові слова: бісквітний напівфабрикат, репіс, порічки, порошок, біологічна цінність, борошняні кондитерські вироби.

Dzyundzja O. V., Epanov S. S. Prospects for expanding the range of functional purpose confectionery products

The industry produces a diverse range of flour confectionery products, in particular, cakes, pastries, the basis of which is a biscuit semi-finished product. Taking into account the physiological needs of modern man and the shortage of material resources, the rational use of the available plant base for the purpose of producing products of increased biological value is relevant.

The purpose of this work is to investigate promising ingredients for the production of functional biscuit semi-finished products.

Analyzing the assortment of agricultural crops, it was established that promising sources of nutrients are varieties of currants, namely, currants and red currants, which have immunomodulating and antioxidant properties. When developing the technology of the biscuit

semi-finished product, the results of research into the physical and chemical properties of food powders from local raw materials (currants, rapis), fats, chicken eggs were taken into account; the influence of traditional raw materials on the structure of dough and products and the need to remove easily digestible sugars and fats containing saturated fatty acids. Based on the results of research, it was established that the maximum permissible concentration of powders is 8%. When combining different ratios of powders, the sample containing 4% currants and 4% repsi was the most balanced in taste. It was established that the introduction of this amount of powders has a positive effect on the rheological parameters of the biscuit semi-finished product. It was established that when food powders were added to the test sample, the specific volume increased by 10.88% and the porosity by 10.49%.

Microbiological studies confirmed the microbiological safety of the developed biscuit semi-finished products. the absence of BGKSH (coliforms), pathogenic microorganisms, yeasts and molds was established.

So, it was established that the addition of currants and red currants makes it possible to economically use available resources and enrich confectionery with biologically active components of berries that have immunomodulating and antioxidant properties.

Key words: *semi-finished biscuit, repast, currants, powder, biological value, flour confectionery.*

Вступ. Кондитерська галузь – одна з найбільш поширених у всьому світі, асортимент продукції представлений різноманітною продукцією. Одними з найбільш поширеними є борошняні кондитерські вироби, зокрема вироби з використанням бісквітних напівфабрикатів.

Варто відзначити, що кондитерська галузь постійно удосконалює продукцію враховуючи тенденції, попит та вимоги суспільства [1]. Так серед продукції відомих виробників з'являються вироби спеціального призначення, вагому частку якої займають безглютенові, діабетичні та зниженої калорійності. Зважаючи на це перспективним є дослідження нетрадиційних інгредієнтів та виробництво із їх використанням напівфабрикатів для кондитерських виробів.

Постановка проблеми. Для нормального функціонування організму необхідне збалансоване надходження нутрієнтів. Екоцид спричинений агресією рф призвів до втрати значної кількості сільськогосподарської продукції та забруднення території країни, що призвело до дефіциту сезонних вітаміно– та мінераловмісних харчових ресурсів. А зважаючи на постійну стресову ситуацію прослідковується загострення хронічних хвороб спричинених нестабільним ритмом життя. Враховуючі необхідність постійного балансу макро та мікро елементів є потреба в перегляді класичних рецептур з метою введення до їх складу природних речовин, що підвищуватимуть резистентність організму. Тому актуальним є максимальне використання сировинної бази України із застосуванням ресурсозберігаючих технологій для виробництва продукції спеціального призначення.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб дослідити перспективні інгредієнти для виробництва бісквітних напівфабрикатів функціонального призначення.

Відповідно до мети визначені завдання:

- проведення аналізу порічок та репісу;
- визначення дозування та форми введення нетрадиційних інгредієнтів до рецептури бісквітних напівфабрикатів;
- дослідження показників якості та безпечності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Систематизуючи існуючі наукові розробки з виробництва борошняних кондитерських виробів виділено наступні групи функціональних додаткових інгредієнтів [2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11]:

- внесення БАР (харчових волокон, порошоків, шроту та пасти із ягід, овочів, дикорослих рослин, зародків зерен) для покращення фізіологічної цінності;

- внесення білоквмісної сировини з метою збалансованості амінокислотного скору;
- внесення гідроколоїдів (пектину, інуліну, модифікованого крохмалю, ксантанової камеді) для збільшення тривалості зберігання виробів та покращення ведення технологічного процесу.

Аналізуючи напрями з удосконалення технології бісквітного напівфабрикату, можна виділити такі [2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11]:

- поліпшення піноутворювальної здатності і піностійкості маси, що збивається, для підвищення якості виробів;
- інтенсифікація процесу отримання піноподібної структури бісквітного тіста;
- зниження калорійності та підвищення біологічної цінності бісквітного напівфабрикату, надання йому дієтичних властивостей;
- розширення асортименту бісквітної продукції за рахунок регулювання її рецептурного складу;
- гальмування процесів черствіння і збільшення термінів зберігання виробів.

Слід зазначити, що більшість цих завдань можна вирішити комплексно за рахунок використання різних харчових добавок, які розрізняються за своїм хімічним походженням, будовою, функціональними властивостями і характером взаємодії з компонентами рецептури виробів. Всю різноманітність добавок, що використовуються у технологіях бісквітних виробів, за хімічним походженням і функціональними властивостями можна умовно поділити наступним чином:

- білковмісна сировина тваринного та рослинного походження;
- вуглеводовмісна сировина;
- поверхнево-активні речовини (ПАР) та суміші на їх основі.

Враховуючі існуючі напрацювання науковців та існуючий попит на продукцію спеціального призначення, важливим є створення бісквітних напівфабрикатів підвищеної біологічної цінності. З цієї метою пропонується використовувати локальні інгредієнти, такі, як порічки та репіс.

Виклад основного матеріалу дослідження. Останні досягнення у розвитку харчових наук, пов'язані з новими відкриттями у хімії, мікробіології, хімічній інженерії, молекулярній біології, маркетингу, ставлять на новий рівень вирішення питань щодо модифікації традиційних технологій не лише простою заміною інгредієнтів на функціональні, але й забезпеченням можливості проведення складного процесу конструювання продукту, який володіє відновленими традиційними споживчими властивостями і новими, що визначають корисність продукту, його спрямовану дію на організм людини.

Модифікація традиційних технологій повинна забезпечувати підвищення вмісту функціональних інгредієнтів до рівня, зіставного з фізіологічними нормами їх споживання (за різними джерелами 10–50% від рекомендованої середньої добової потреби).

При розробленні технології бісквітного напівфабрикату, враховували результати досліджень фізико-хімічних властивостей харчових порошоків з локальної сировини (порічки, репіс), жирів, курячих яєць; вплив традиційних сировинних компонентів на структуру тіста і виробів та необхідність вилучення легкозасвоюваних цукрів та жирів, що містять насичені жирні кислоти.

Нами були розроблені рецептури борошняних напівфабрикатів з використанням порошоків чорної смородини (репіс) та порошоків із порічок дані культури є поширеними на території України та характеризуються гарними характеристиками

(табл. 1). Варто відзначити, що ягоди містять високий вміст мінеральних і вітамінних речовин та мають імуномоделюючі та антиоксидантні властивості [7; 12].

Таблиця 1

Хімічний склад різновидів смородини

Показник	Порічки	Репіс
Вода, %	85	82
Білки, %	0,6	1,4
Жири, %	0,1	0,2
L-Аскорбінова кислота, %	65	256
Пектин, %	0,7	0,9
Титровані кислоти, %	3,2	2,5
Цукри, %	7,0	13,1
Харчові волокна, %	3,4	2

Методом органолептичного аналізу та контрольних проб було визначено оптимальну кількість порошків у рецептурі до загальної маси тіста, яка становила 8%. Для цього нами було проведено по три контрольні проби приготування тіста та випікання коржів із різним вмістом порошків. За основу була взята рецептура бісквітного тіста «Бісквіт основний». При виготовленні тіста частину борошна було замінено на порошок з репісу та порошок із порічок, які вводили разом із борошном при замісі тіста. Після випікання, яке відбувалось при температурі 180°C, отримали пухкі пористі коржі, з приємним смаком і кольором. Розроблені напівфабрикати можуть бути основою для виробництва крафтових виробів В поєднанні з різноманітними кремами із збалансованим хімічним складом, готові бісквітні вироби можуть стати прикрасою будь якого закладу ресторанного господарства. Хімічний склад розробленого напівфабрикату визначали розрахунковим методом. Встановлено, що при додаванні до складу бісквітного напівфабрикату порошків з порічки та репісу відбувається збагачення коржів вітамінами і мінералами.

Для оцінки якості бісквітного напівфабрикату було розроблено бальну шкалу (табл. 2).

Запропонована шкала дає змогу здійснити сенсорну оцінку бісквітних напівфабрикатів. В результаті експериментальних проробок до рецептури вносили порошки порічки та репісу в різних пропорціях із заміною рецептурного борошна на порошок з кроком 2 (рис. 1).

За результатами досліджень встановлено, що максимально допустимою є концентрація порошків у кількості 8%. При комбінуванні різного співвідношення порошків найбільш збалансований за смаком був зразок з вмістом 4% порічок та 4% репісу. Встановлено, що внесення даної кількості порошків позитивно впливає на реологічні показники бісквітного напівфабрикату (табл. 3)

Отже, відповідно, до експериментальних даних (табл. 3) у дослідному зразку прослідковується збільшення питомого об'єму на 10,88% та пористості на 10,49%.

За результатами досліджень встановлено, що за органолептичними показниками розроблена продукція не поступається контрольному зразку (рис. 2). Враховуючі, що внесення порошків впливає не лише на сенсорні показники, а й на структурно-механічні загальна оцінка дослідного зразка переважає контрольний зразок.

Таблиця 2

**Бальна шкала для оцінки сенсорних показників напівфабрикату
бісквітного з порічками та репісу**

Найменування показника	Характеристика органолептичних показників, бали			
	5	4	3	2
Зовнішній вигляд	Поверхня рівна, гладка. Форма виробів прямокутна (кругла)	Поверхня рівна, гладка. Форма виробів прямокутна (кругла)	Поверхня не рівна з тріщинами, вироби мають незначну деформацію	Поверхня не рівна з тріщинами, вироби деформовані
Консистенція	Рівномірно пропечений м'якиш пористий, з незначними вкрапленнями порошоків	Рівномірно пропечений м'якиш пористий, з вкрапленнями порошоків	Недостатньо пористий м'якиш, з значними вкрапленнями порошоків	Має ущільнені ділянки м'якишу, і значними вкрапленнями порошоків
Колір	Світло-жовтий з незначними вкрапленнями рожевого і червоного кольору, або рожевого відтінку	Від світло- до темно-жовтого з рожевими і червоними вкрапленнями, або червоно відтінку	Від світло- до темно-жовтого з рожевими і червоними вкрапленнями	Темно-бурий, з значними вкрапленнями, не властивий даному напівфабрикату
Смак, запах	Солодкий, без сторонніх та неприємних присмаків, допускається легкий присмак ягід	Солодкий, без сторонніх та неприємних присмаків, відчувається присмак ягід	Солодкий, без сторонніх та неприємних присмаків, відчувається присмак ягід	Має сторонні та невластиві неприємні присмаки горілих ягід

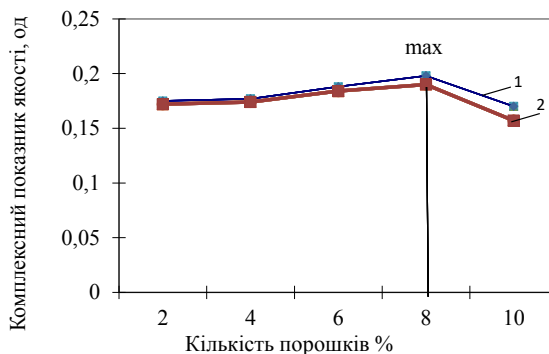


Рис. 1. Комплексний показник якості бісквітного напівфабрикату від кількості порошоків, де: 1 – порошок порічки, 2 – порошок репісу

Таблиця 3

Реологічні показники якості бісквітного напівфабрикату

Зразок	Вологість, %	Питомий об'єм, $10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$	Пористість, %	Стислість м'якшису, од.пр. АП-4/2
Контроль	25,0±0,15	353,6±2,7	75,3±0,7	175,3±4,5
Дослід	24,5±0,14	392,1±2,9	83,2±0,8	181,2±4,8

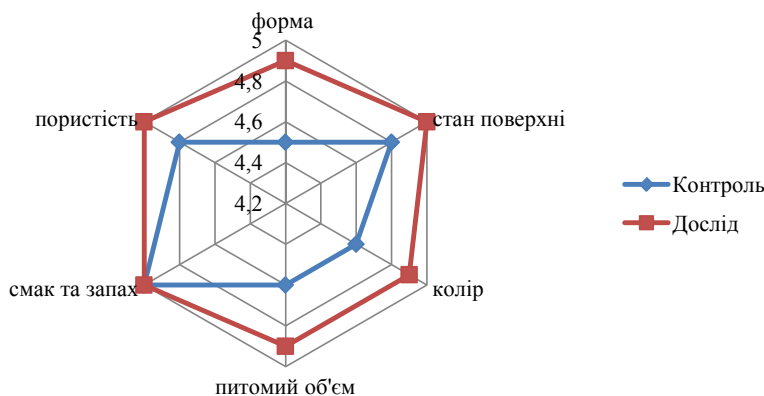


Рис. 2. Профілограма органолептичної оцінки бісквітних напівфабрикатів

Дослідження мікробіологічних показників проводили у зразках свіжо приготованих бісквітних напівфабрикатів, через 1 добу та 3 доби зберігання. В результаті досліджень встановлено відсутність БГКШ (коліформи), патогенних мікроорганізмів, дріжджів та пліснявих грибів. Кількість МАФАМ не перевищувало $1,2 \times 10^3$ КУО/г, що відповідає вимогам за нормативом. Отриманні данні підтверджують мікробіологічну безпечність розроблених бісквітних напівфабрикатів.

Висновки і пропозиції. Встановлено, що одним із перспективних функціональних інгредієнтів для виробництва бісквітних напівфабрикатів є використання порошоків з репісу та порічок. В роботі встановлено, що при внесенні 8% кількості порошоків прослідковуються позитивні зміни реологічних показників бісквітного напівфабрикату, вироби мають кращу пористість, структуру, питомий об'єм. Оцінювання сенсорних показників показало на переваги розробленого бісквітного напівфабрикату порівняно з традиційною технологією. Внесення порічок і репісу дозволяє заощадливо використовувати наявні ресурси та збагатити кондитерські вироби біологічно активними компонентами ягід, які мають імуномодельючі та антиоксидантні властивості.

Перспективою подальших досліджень є вивчення хімічного складу бісквітів та порівняння отриманої рецептури на відповідність вимогам здорового харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Сорокіна, А. М. Тенденції розвитку сучасної кондитерської галузі України. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, 2023. № 7. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-7-04-15>
- Серета О., Мельник О. Новий вид функціональної сировини з підвищеним вмістом білку для бісквітних виробів. *Технічні науки та технології*. 2022. № 2(28). С. 102–110. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-102-110](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-102-110).

3. Левківська Т. М., Бендерська О. В., Матко С. В. Технологія виробництва сухого наповнювача з гарбуза для кондитерської промисловості. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2021. № 26. С. 39–45.
4. Погарська В. В., Павлюк Р. Ю., Радченко Л. О., та ін. Розробка каротиноїдних бісквітів «san cakes» з використанням натуральних рослинних нанодобавок для здорового харчування. *Технічні науки Scientific Journal «Science Rise»* 2019. № 5(58). С. 51–56.
5. Кочерга В. І. Удосконалення рецептурного складу бісквітного напівфабрикату. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2016. Вип. 16, т. 1. С. 204–208. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2016_16_1_31
6. Черевична Н.І., Гапонцева О.В. Формування якості бісквіта з додаванням молочної сироватки та мікробного полісахариду ксампану. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2012. № 2/12 (56). С. 59–62.
7. Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. Дієтичні добавки: сучасні підходи до створення та місце у системі здорового харчування. *Харчова промисловість*, 2017. № 22. С. 23–29.
8. Дзюндзя О.В., Петрова Ж.О. Порошок з хурми – продукт функціонального харчування *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2010. № 25. С. 100–106.
9. Kravchenko M., Mihailik V., Yakymchuk D. et al. Research into the structural-mechanical properties of shortbread dough with oilseed meals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 3, Iss. 11. P. 52–59. doi: 10.15587/1729-4061.2019.170617
10. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р. URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p>.
11. Amnah M. A. Biochemical and biological study of biscuit fortified with apple powder. *Alsuhaihani Middle East Journal of Agriculture Research*. 2015. Vol. 04, Issue 04. P. 984–990.
12. Петровський, М. О., Лебединець, В. О. Аналіз та визначення перспектив розвитку аптечного ринку дієтичних добавок в Україні. *Social Pharmacy in Health Care*, 2019. № 5(4). С. 49–57.

REFERENCES:

1. Sorokina, A. M. (2023). Tendentsiyi rozvytku suchasnoyi kondyters'koyi haluzi Ukrayiny [Trends in the development of the modern confectionery industry of Ukraine] *Problemy suchasnykh transformatsiy. Seriya: ekonomika ta upravlinnya*, (7). <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-7-04-15> [in Ukrain]
2. Sereda O., Mel'nyk O. (2022), Novyy vyd funktsional'noyi syrovyny z pidvyshchenym vmistom bilku dlya biskvitnykh vyrobiv [New type of functional raw material with increased protein content for biscuit products]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*, 2(28), 102–110. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-102-110](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-102-110) [in Ukraine]
3. Levkivs'ka T. M., Benders'ka O. V., Matko S. V. (2021). Tekhnolohiya vyrobnytstva suchoho napovnyuvacha z harbuza dlya kondyters'koyi promyslovosti. [Production technology of dry filling from pumpkin for the confectionery industry.] *Visnyk L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*. 26, 39–45. [in Ukraine]
4. Pohars'ka V. V., Pavlyuk R. Yu., Radchenko L. O., (2019). Rozrobka karotynoyidnykh biskvitiv «san cakes» z vykorystanniam natural'nykh roslynnykh nanodobavok dlya zdorovoho kharchuvannya. [Development of carotenoid biscuits "san cakes" using natural vegetable nano-additives for healthy nutrition]. *Tekhnichni nauky Scientific Journal «Science Rise»*. 5(58), 51–56. [in Ukraine]

5. Kocherha V. I. (2016). Udoskonalennya retsepturnoho skladu biskvitnoho napivfabrykatu [Improvement of the recipe composition of semi-finished biscuit]. *Pratsi Tavriys'koho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*. 16, 1, 204-208. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2016_16_1_31 [in Ukraine]
6. Cherevychna N.I., Hapontseva O.V. (2012). Formuvannya yakosti biskvita z dodavannyam molochnoyi syrovatky ta mikrobnoho polisakharydu ksampanu. [Formation of the quality of biscuit with the addition of milk whey and microbial polysaccharide xampan]. *Skhidno-Yevropeys'kyi zhurnal peredovykh tekhnolohiy*. 2012. 2/12 (56), 59–62 [in Ukraine]
7. Simakhina, H. O., Naumenko, N. V. (2017). Diyetichni dobavky: suchasni pidkhody do stvorennya ta mistse u systemi zdorovoho kharchuvannya [Dietary supplements: modern approaches to creation and place in the system of healthy nutrition]. *Kharchova promyslovis't'*, 22, 23–29. [in Ukraine]
8. Dzyundzya O.V., Petrova ZH.O. (2010). Poroshok z khurmy – produkt funktsional'noho kharchuvannya [Persimmon powder is a product of functional nutrition]. *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv*. 25. 100–106 [in Ukraine]
9. Kravchenko M., Mihailik V., Yakymchuk D. et al. (2019). Research into the structural-mechanical properties of shortbread dough with oilseed meals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3, 11. 52–59. doi: 10.15587/1729-4061.2019.170617 [in Ukraine]
10. Natsional'na stratehiya upravlinnya vidkhodamy v Ukrayini do 2030 roku. [National waste management strategy in Ukraine until 2030]. *Skhvaleno rozporядzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 8 lystopada 2017 r*, 820. URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-r>. [in Ukraine]
11. Amnah M. A. (2015). Biochemical and biological study of biscuit fortified with apple powder. Alsuhaibani Middle. *East Journal of Agriculture Research*. 04, 04. 984–990 [Saudi Arabia]
12. Petrovs'kyi, M. O., Lebedynets', V. O. (2019). Analiz ta vyznachennya perspektyv rozvytku aptechnoho rynku diyetychnykh dobavok v Ukrayini [Analysis and determination of prospects for the development of the pharmacy market of dietary supplements in Ukraine]. *Social Pharmacy in Health Care*, 5(4), 49–57. [in Ukraine]

УДК 664.68.14

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.15>

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КЕКСІВ З ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ

Есауленко А. А. – магістрантка факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу імені професора В. Ф. Доценка
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0005-9795-7320

Мамченко Л. Є. – кандидатка технічних наук,
доцентка кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0003-2519-043X

Нєміріч О. В. – докторка технічних наук, професорка,
завідувачка кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-2849-7501

Кузьмін О. В. – доктор технічних наук,
професор кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-9321-6684

Матияшук О. В. – старший викладач кафедри ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0002-3477-3186

Робота присвячена удосконаленню технології кексів шляхом введення до їх рецептури продуктів переробки конопляного насіння ненаркотичних сортів, а саме частково знежиреного борошна з макухи конопель і конопляної пресованої олії. Виявлено, що конопляна олія з насіння ненаркотичних конопель сортів Глєсія та Глухівські 51 має співвідношення лінолевої до альфа-ліноленової кислоти 3,03:1 ... 3,21:1, що відповідає вимогам Всесвітньої організації охорони здоров'я Організації Об'єднаних Націй для забезпечення організму людини поліненасиченими жирними кислотами. Встановлено, що білки борошна конопель характеризуються високим вмістом незамінних амінокислот (валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін), всі вони наявні в насінні конопель та сипких конопляних продуктах.

Розроблено чотири рецептури кексів із заміною пшеничного борошна на конопляне і введенням олії конопель замість вершкового масла. За показниками смак, запах, форма, текстура, поверхня, структура, вид у розломі з використанням профільного методу перевагу надано кексам із заміною 12,5% пшеничного борошна на конопляне. Комплексна оцінка визначалась як сума перелічених показників і для усіх зразків становила не менше 45 балів при максимально можливих 50 балах. Зразок кексу з повною заміною пшеничного борошна на конопляне борошно найбільшою мірою відповідає вимогам здорового харчування через підвищений вміст білків (14,21%) при найменшому вмісті вуглеводів (45,54%) і зниженій енергетичній цінності до 343 ккал.

В цілому, аналіз хімічного складу за вмістом білків, жирів, вуглеводів показав перевагу удосконалених рецептур, зокрема за вмістом цінних білків та корисних ненасичених жирів, а також зниженою калорійністю, порівняно до кексу «Столичний», який виступав

контролем. Результати проведених досліджень дали змогу розширити асортимент кексів для здорового харчування з вмістом незамінних амінокислоти та есенціальних жирних кислот у їх оптимальному співвідношенні.

Ключові слова: технологія, кекси, ненаркотичні коноплі, пшеничне та конопляне борошно, олія, здорове харчування.

Yesaulenko A. A., Mamchenko L. E., Niemirich O. V., Kuzmin O. V., Matyiashchuk O. V. Improving the technology of cupcakes with hemp seed processing products

The work is devoted to improving the technology of cupcakes by introducing non-narcotic hemp seed processing products into their recipe, namely partially defatted hemp cake flour and hemp pressed oil. It was found that hemp oil from the seeds of non-narcotic hemp varieties Glesia and Glukhivski 51 has a ratio of linoleic to alpha-linolenic acid of 3.03:1 ... 3.21:1, which meets the requirements of the World Health Organization of the United Nations to provide the body human polyunsaturated fatty acids. Hemp flour proteins have been found to be characterized by a high content of essential amino acids (valine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, threonine, tryptophan, phenylalanine), all of which are present in hemp seeds and loose hemp products.

Four cupcake recipes have been developed with the replacement of wheat flour with hemp flour and the introduction of hemp oil instead of butter. Based on the indicators of taste, smell, shape, texture, surface, structure, appearance in the fracture using the profile method, preference was given to muffins with the replacement of 12.5% of wheat flour with hemp flour. The comprehensive assessment was determined as the sum of the listed indicators and for all samples was at least 45 points with the maximum possible 50 points. The sample of the cake with the complete replacement of wheat flour with hemp flour meets the requirements of a healthy diet to the greatest extent due to the increased protein content (14.21%) with the lowest carbohydrate content (45.54%) and reduced energy value to 343 kcal.

In general, the analysis of the chemical composition according to the content of proteins, fats, and carbohydrates showed the superiority of the improved recipes, in particular, according to the content of valuable proteins and useful unsaturated fats, as well as reduced calorie content, compared to the "Stolichny" cake, which acted as a control. The results of the research made it possible to expand the assortment of muffins for healthy eating with the content of essential amino acids and essential fatty acids in their optimal ratio.

Key words: technology, cupcakes, non-narcotic cannabis, wheat and hemp flour, oil, healthy food.

Постановка проблеми. В Україні традиційно великим попитом у населення користуються борошняні кондитерські вироби. Аналіз ринку свідчить про те, що люди різних вікових груп споживають велику кількість випічки, значне місце (30%) в асортименті та обсязі виробництва якої займають кекси.

Істотним недоліком цієї групи продуктів є низький вміст життєво необхідних есенціальних речовин, таких як вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна тощо, і високий вміст простих вуглеводів і насичених жирів. Попит на ці вироби робить доцільним коригування їх хімічного складу, направлене на підвищення вмісту незамінних нутрієнтів з біологічно активними властивостями.

Харчова цінність борошняних кондитерських виробів визначається головним чином складом рецептурних інгредієнтів, і лише в другу чергу залежить від застосованої технології. Направлене регулювання харчової цінності у цьому випадку доцільно здійснювати шляхом вилучення з рецептури небажаних/некорисних складових, замінюючи їх на більш корисні аналоги.

Переважна частина кексів виготовляється з використанням маргаринів, вершкового масла або кондитерських жирів, які можуть містити близько 50% жирового складу у вигляді транс-ізомеризованих жирних кислот. Вплив транс-ізомерів досі активно вивчаються вченими різних країн, а деякі країни обмежили рівень їх споживання на законодавчому рівні.

Доцільною вважається заміна маргаринів та інших комбінованих жирів на натуральну конопляну олію задля покращення функціональних властивостей випічки. Для збереження структурно-механічних властивостей емульсії тіста

в якості стабілізуючої добавки застосовано борошно насіння конопель, яке володіє високою вологопоглинальною, жирозв'язувальною та жироемульгуючою здатністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні коноплі, традиції споживання яких було втрачено, знову привертають увагу науковців та виробників інабувають популярності у споживачів. На сучасному ринку рослинної продукції вони займають місце технічної сировини, яка проте може служити для задоволення харчових потреб. Продукти перероблення конопель мають збалансований склад і високу біологічну цінність, що обумовлює доцільність її використання в рецептурах продуктів здорового харчування.

Науковцями Фалендиш Н.О., Янюк Т.І., Бадрук Ю.В. [1] досліджено вплив олії і борошна конопель на якість тіста, готових виробів та на харчову цінність хліба. Встановлено, що заміна 10% пшеничного борошна першого сорту на конопляне борошно забезпечує кращу якість тістових напівфабрикатів та випічки.

Фахівцями Дніпровського державного аграрно-економічного університету Н.А. Сова та ін. [2] апробовано додавання до рецептури кексів борошна із насіння різних нішевих культур, зокрема конопель. За результатами проведених органолептичних і фізико-хімічних досліджень до впровадження рекомендовано борошняний кондитерський виріб, збагачений знежиреним конопляним борошном.

Авторами Галенком О.О. та Шаповаловим В.Ю. запропоновано використання насіння промислових конопель у технологіях м'ясної продукції [3]. Зокрема відмічено, що конопляна олія містить всього 5% насичених жирних кислот при повній відсутності шкідливого холестеролу, що визначає переваги її застосування.

Також в Україні є досвід збагачення молочних продуктів екстрактом конопель при виробництві морозива (морозиво 12% з канабісом та кунжутом *Cannabis*) ТМ «Ласунка». Михалевич А.П., Сапіга В.Я., Осьмак Т.В., Поліщук Г.Є. [4] вказали на доцільність збагачення морозива білковими концентратами коноплі.

Таким чином, відкривається можливість використання продуктів переробки насіння конопель для поліпшення структури харчування, розширення асортименту борошняних кондитерських виробів, наближення їх хімічного складу до вимог нутріціології при збереженні традиційних органолептичних показників, знайомих споживачам.

Метою дослідження є розробка технології та рецептури кексів для здорового харчування з додаванням продуктів переробки насіння конопель безканабіатних сортів.

Роботу виконано згідно з тематикою кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції НУХТ 0123U102921 «Розроблення ресурсозберігаючих технологій ресторанної, дієтичної і аюрведичної харчової продукції» 2023–2028 р.

Матеріали і методи. Тісто для кексів замішували в кухонному комбайні Kenwood марки KMX750WH, кекси випікали в конвекційній печі GEMLUX (GL-OR-1320MN). У виробках визначали смак, колір, запах, форму, поверхню, вид у зламі виробів органолептичним методом. Харчову та енергетичну цінність виробів визначали розрахунковим шляхом із врахуванням індивідуального складу рецептурних інгредієнтів.

Виклад основного матеріалу. В Україні традиція споживання конопляної олії у харчовому раціоні існувала протягом століть, однак була практично втрачена за радянських часів через спекуляції з немедичним канабісом. Нині успішно культивуються ненаркотичні різновиди конопель (*Canabissativus L.*), що практично не містять речовин психоактивної дії, зокрема тетрагідроканабінолу.

Традиційними продуктами переробки насіння промислових конопель в Україні є: обрушене насіння конопель, конопляна олія, борошно, висівки, «протеїн».

У конопляній олії містяться есенціальні ненасичені жирні кислоти С 18:2 гамма-ліноленова ω -3, С 18:2 лінолева ω -6 та С 18:1 олеїнова ω -9. Для підтвердження літературних даних щодо оздоровчих властивостей конопляної олії було проведено аналіз її жирно-кислотного складу для насіння конопель сорту Глесія за даними Сови Н.А. (2017 р.) зі співавторами [5] та сорту Глухівські 51 за даними Носенко Т.Т. зі співавторами (2019 р.) [6]. Склад конопляної олії подано в таблиці 1 у порівнянні з лляною олією. Лляна олія традиційно застосовується в оздоровчому харчуванні, переважно в терапії шлунково-кишкових захворювань, і відрізняється сприятливим для дієтичного харчування жирно-кислотним складом.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика жирно-кислотного складу рослинних олій

Назва жирної кислоти	Вміст кислот, % загального жирнокислотного складу		
	Конопляна олія сорту Глесія	Конопляна олія сорту Глухівські 51	Лляна олія
С 16:0 пальмітинова	5,718	6,16	5,567
С 18:0 стеаринова	3,035	3,00	5,402
С 18:1 олеїнова ω -9	13,612	12,64	17,894
С 18:2 лінолева ω -6	54,839	54,02	15,487
С 18:3 α -ліноленова ω -3	18,541	17,57	55,251
С 18:2 γ -ліноленова ω -6	1,268	2,43	0,000
С 20:0 арахінова	2,367	0,91	0,239

Принципової відмінності жирнокислотного складу олії конопель з проаналізованих ненаркотичних сортів немає. Вміст основних жирних кислот в цілому не відрізняється від даних опублікованої інформації, а співвідношення в есенціальних жирних кислот ω -6 і ω -3 становить в конопляній олії 3,03:1 ... 3,21:1, тоді як в олії лляній – 0,28:1.

Вченими багатьох розвинених країн світу проведені дослідження, згідно яких встановлена необхідність надходження ненасичених жирних кислот родини Омега у певних співвідношеннях. Згідно рекомендацій ВООЗ ООН людина щодня потребує 4 г ω -6 і від 1 до 3 г ω -3, тобто їх оптимальне співвідношення повинно становити 4,00:1 ... 1,33:1. На думку європейських експертів, мінімальна денна потреба в ненасичених ω -3 жирних кислотах для здорових дорослих людей становить близько 1 – 1,5 г і залежить від статі, віку і фізичного навантаження. При цьому співвідношення ω -6 до ω -3 для лікувально-профілактичного харчування мусить знаходитись в межах від 3:1 до 5:1. Це досягається щоденним вживанням 20–25 мл конопляної олії.

Однак користь промислових конопель не обмежується лише видобутком олії. В процесі переробки насіння на стадії вилучення з нього конопляної олії отримують макуху, з якої шляхом подрібнення до розмірів від 0,02 до 0,3 мм виготовляють конопляне борошно.

Порівняльна оцінка хімічного складу борошна різних видів та конопляного борошна показала, що борошно конопель багате на білки при низькому вмісті вуглеводів, що визначає його низьку калорійність (таблиця 2). Відмічено, що конопляне борошно містить утричі більше білку, у сім разів більше жирів та у п'ять разів більше клітковини порівняно з пшеничним цільнозерновим борошном.

Таблиця 2

Характеристика хімічного складу різних видів борошна*

Назва показника	Борошно					
	конопляне	пшеничне	цільнозернове пшеничне	житнє	кукурудзяне	вівсяне
Енергетична цінність, ккал	290	364	339	300	379	404
Вуглеводів, %	24,7	76,3	72,6	73,33	75,86	65,7
Клітковини, %	13,88	2,7	12,2	16,7	6,9	6,5
Білків, %	40,0	10,3	13,7	10	10,34	14,7
Жирів, %	7,9	1,0	1,9	3,3	5,17	9,1
Калію, мг/100 г	-	107	405	-	-	371
Фосфору, мг/100 г	19,47	108	346	-	-	452

* Склад наведений за даними: для пшеничного, вівсяного, конопляного борошна NutritionData, житнього, кукурудзяного USDA.

За органолептичними показниками якості конопляне борошно повинно мати колір темно-коричневий із відтінками зеленого; запах властивий здоровому насінню конопель, без стороннього запаху; смак – властивий насінню конопель, без гіркоти, кислоти та інших сторонніх присмаків.

Враховуючи багатий хімічний склад конопляного борошна, його використання відкриває можливість покращити харчову цінність борошняних кондитерських виробів шляхом підвищення вмісту білків, ненасичених жирних кислот, клітковини, вітамінів та мінеральних речовин для виробництва продукту здорового харчування.

Проведено пробні випікання кексів з введенням до їх складу борошна і олії конопель за наступною методикою. Борошно просіювали, рідкі інгредієнти проціджували, зважували та відміряли відповідно до технологічної карти і готували тісто. Оскільки тісто мало рідку консистенцію, його заливали у форми. Режими випікання: 15–20 хвилин за температури 170–180°C. Готові тістечка охолоджували і декорували цукровою пудрою.

Аналогом для удосконалення обрано рецептуру кексу «Столичний» [7].

Було розроблено 4 дослідні рецептури: зразок 1 – кекс на конопляному борошні; зразок 2 із заміною 50% пшеничного борошна на конопляне борошно; зразок 3 із заміною 25% пшеничного борошна на конопляне; зразок 4 із введенням 12,5% конопляного борошна.

В усіх дослідних зразках вершкове масло замінене на конопляну олію. Оскільки конопляне борошно містить 7,9% олії, то у дослідних рецептурах зменшено кількість олії пропорційно її вмісту в конопляному борошні. Рецептури дослідних і контрольних зразків наведено в таблиці 3.

Органолептичну оцінку зразків, виготовлених згідно рецептури табл. 3 за наведеною вище методикою проведено за показниками: смак (0–5 балів), запах (0–5 балів), форма (0–5 балів), текстура (0–5 балів), поверхня (0–10 балів), структура (0–10 балів), вид у розломі (0–10 балів). Комплексна оцінка визначалась як сума перелічених показників і становила 0–50 балів. Діаграма сенсорного тестування якості досліджуваних зразків наведена на рисунку 1.

Таблиця 3

Рецептури кексів

Інгредієнти	Витрата сировини, г на 1000 г готової продукції				
	Кекс «Столичний»	Розроблені кекси			
		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Борошно пшеничне	288,8	-	144,4	216,6	252,7
Борошно конопляне	-	288,8	144,4	72,2	36,1
Цукор білий	216,5	216,5	216,5	216,5	216,5
Масло вершкове	216,5	-	-	-	-
Олія конопляна	-	193,8	205,2	210,9	213,6
Родзинки	216,6	216,6	216,6	216,6	216,6
Меланж	173,2	173,2	173,2	173,2	173,2
Цукрова пудра	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
Ванільний цукор	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Сіль кухонна	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Амоній вуглекислий	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86

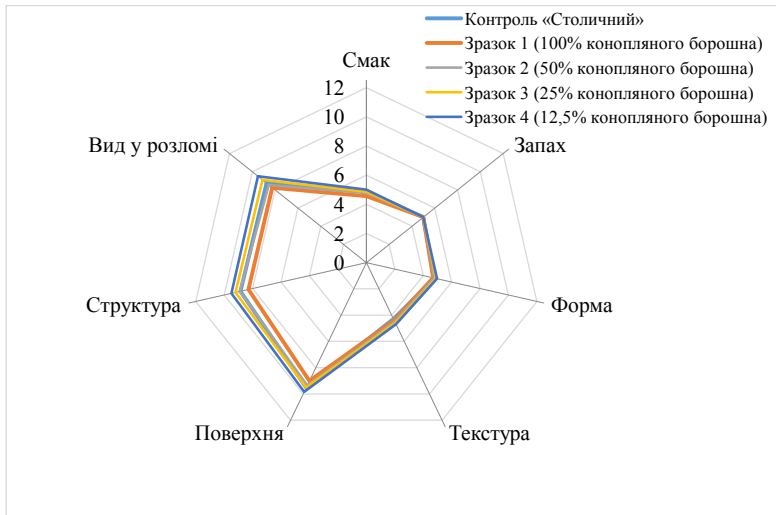


Рис. 1. Діаграма сенсорного тестування досліджуваних зразків кексів

Аналіз результатів оцінки органолептичних показників зразків кексів свідчать, що введення продуктів переробки коноплі не впливає на запах готових виробів, але значення решти показника знижується при збільшенні вмісту конопляного борошна в рецептурі понад 12,5%. При цьому всі досліджені зразки кексів мають комплексний бал вище 45.

Форма одержаних зразків випічки округла, поверхня без суттєвих тріщин і дефектів. Колір контрольного кексу «Столичний» світлий, а дослідних зразків порівняно темніший: зразку 1 – темно-коричневий, зразку 2 – коричневий, зразку 3 – світло-коричневий, 4 – темно-жовтий. Вид у розломі властивий. Смак та запах контрольного кексу традиційні для даного виду кондитерського виробу, дослідні зразки мають специфічний смак, інтенсивність якого відповідає кількості

внесеного конопляного борошна. Текстура контрольного кексу розсипчаста, у дослідних зразків – волога масляниста, що не псує флейвору. Згідно проведеного сенсорного тестування (рис. 1) найкращою рецептурою конопляних кексів було визнано зразок 4 із введенням 12,5% конопляного борошна і вмістом 21,36% конопляної олії. Проте решта розроблених рецептур мають близькі показники, а принципової різниці під час їх оцінювання не виявлено. Оскільки смакові уподобання досить різноманітні, усі розроблені зразки можуть знайти своїх поціновувачів серед споживачів.

Порівняння харчової цінності розроблених кексів з контрольним наведено в таблиці 4. Хімічний склад кексу «Столичний» подано за даними онлайн-калькулятора калорійності харчових продуктів health-diet.

Таблиця 4

Поживна цінність кексів, г на 100 г

Нутрієнти	Кекс «Столичний»	Розроблені кекси			
		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Білки, г	5,5	14,2	10,0	7,9	6,8
Жири, г	20,0	24,2	23,9	23,8	23,3
Вуглеводи, г	59,0	45,5	53,2	57,1	59,0
Вологість, %	18,2	16,3	17,3	17,7	18,0
Лужність в перерахунку на сухі речовини, градуси	до 2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Енергетична цінність, ккал	440	343	355	361	364

З даних таблиці видно, що за хімічним складом і енергетичною цінністю найбільш близьким до контрольного зразку є дослідний зразок 4, що містить мінімальну кількість конопляного борошна. Вміст вуглеводів у розроблених зразках знаходиться на однаковому рівні, проте вміст цінних білків у порівнянні з контролем збільшується в 2,6, 1,8, 1,4 та 1,2 рази для зразків 1, 2, 3 та 4 відповідно. Найвищим вмістом білків (14,2%) при найменшому вмісті вуглеводів (45,5%) відзначається зразок за рецептурою 1. Вміст корисних ненасичених жирів також зростає, хоча і меншою мірою. З огляду на якісний склад вуглеводів (переважно прості легкозасвоювані сполуки), зниження їх вмісту в рецептурі слід вважати позитивним моментом.

Вміст жирів в усіх дослідних зразках змінюється незначно, оскільки кількість конопляної олії в рецептурі не варіювалась. Наведене в таблиці 4 коливання вмісту жиру пов'язано з внесенням різної кількості конопляного борошна, яке містить 7,9% олії і відповідно впливає на загальну жирність випічки.

Калорійність усіх розроблених рецептур нижча, що є позитивним фактором з огляду на негативну тенденцію до зростання кількості людей з надлишковою масою тіла в Україні і економічно розвинутих країнах світу.

Таким чином, за одержаними органолептичними показниками та розрахованим хімічним складом кекси із заміною пшеничного борошна на конопляне та вмістом конопляної олії у рецептурі відповідають очікуванням споживачів щодо даного виду борошняної кондитерської продукції та можуть бути використані для дієтичного харчування через меншу калорійність у порівнянні з контрольним зразком.

Висновки. Доведено перспективність використання продуктів переробки насіння конопель ненаркотичних сортів у складі борошняних кондитерських виробів. Борошно з конопляної макухи є джерелом повноцінного білку, що містить усі 20 амінокислот, у тому числі 8 незамінних. Конопляна олія є супутнім продуктом при отриманні борошна і містить переважно поліненасичені жирні кислоти, зокрема родини ω -3 та ω -6, причому їх співвідношення знаходиться на найбільш оптимальному рівні.

Розроблено чотири рецептур кексів із заміною пшеничного борошна на конопляне і введенням олії конопель замість вершкового масла. За органолептичними показниками якості з використанням профільного методу перевагу надано кексам із заміною 12,5% пшеничного борошна на конопляне.

Аналіз хімічного складу показав перевагу удосконалених рецептур, зокрема з вмістом цінних білків та корисних ненасичених жирів, а також зниженою калорійністю, порівняно до кексу «Столичний», який виступав контролем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фелендиш Н.О., Янюк Т.І., Бадрук Ю.В. Використання продуктів переробки конопляного насіння в хлібопеченні. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 12. С. 55–57.
2. Використання борошна із насіння нішевих культур у технології виробництва кексів / Н. А. Сова та ін. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2021. № 4 (10). С. 94–100.
3. Галенко О.О., Шаповалов В.Ю. Використання добавки з насіння промислових конопель у технологіях м'ясних продуктів. *Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 24 листопада 2020 р. Київ : НУХТ, 2020. С. 141–142.
4. Наукове обґрунтування використання білкових концентратів у складі молочно-овочового морозива / А.П. Михалевич та ін. *Стан і перспективи харчової науки та промисловості : Тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції*, 10–11 жовтня 2019 р. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. С. 80–81.
5. Сова Н.А., Луценко М.В., Вертецький О.В. Характеристика олії з насіння ненаркотичних конопель. Збірник наукових праць за матеріалами V міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток харчової індустрії», 14 грудня 2017 р. Київ : Національна академія аграрних наук України, Інститут продовольчих ресурсів, 2017. С. 163.
6. Особливості складу олії із насіння ненаркотичних конопель вітчизняної селекції / Т.Т. Носенко та ін. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25, № 5. С. 173–180.
7. Рецепт кексу «Столичний» з технологічною картою. URL: <https://tehnologam.com/retseptura-keks-stolichnyi/>

REFERENCES:

1. N.O. Felendysh, T.I. Yaniuk, Yu.V. Badruk. (2016) Use of hemp seed processing products in baking. *Grain storage and processing*. No. 12. P. 55–57.
2. The use of flour from the seeds of niche crops in the technology of the production of cupcakes / N. A. Sova et al. *Bulletin of the National Technical University «KhPI»*. 2021. No. 4 (10). P. 94–100.
3. Galenko O.O., Shapovalov V.Yu. (2020) Use of industrial hemp seed additive in meat products technology. *Innovative technologies and prospects for the development of the meat processing industry: materials of the International Scientific and Practical Conference*, November 24, Kyiv : NUHT, 2020. P. 141–142.

4. Scientific justification of the use of protein concentrates in the composition of milk and vegetable ice cream / A.P. Mikhalevich and others. *State and prospects of food science and industry: Abstracts of reports of the V International Scientific and Technical Conference*, October 10–11, 2019. Ternopil : Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, 2019. P. 80–81.

5. Sova N.A., Lutsenko M.V., Vertetskyi O.V. (2017) Characteristics of non-narcotic hemp seed oil. Collection of scientific works based on the materials of the international scientific and practical conference «*Innovative development of the food industry*», December 14, 2017. Kyiv : National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Institute of Food Resources, P. 163.

6. Features of the composition of oil from the seeds of non-narcotic hemp of domestic selection / T.T. Nosenko et al. *Scientific works of the National University of Food Technologies*. 2019. Vol. 25, No. 5. P. 173–180.

7. «Stolichny» cake recipe with technological map. URL: <https://tehnologam.com/retseptura-keks-stolichnyi/>

УДК 663.67.024:[641.528.6:641.85]
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.16>

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОРОЖЕНИХ ДЕСЕРТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ МОЛЕКУЛЯРНОЇ КУЛІНАРІЇ (PACOTIZING)

Колеснікова М. Б. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії
Державного біотехнологічного університету
ORCID ID: 0000-0002-6223-7105

Юрченко С. Л. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії
Державного біотехнологічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1286-081X

Черемська Т. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії
Державного біотехнологічного університету
ORCID ID: 0000-0001-6518-3889

Миколенко М. А. – магістр кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії
Державного біотехнологічного університету

Події, які відбуваються в Україні останнім часом, змушують власників ресторанного бізнесу до активних трансформацій з метою залучення клієнтів до своїх закладів харчування. Слід констатувати, що значна частка закладів ресторанної індустрії була змушена закритися назавжди, інша – знизила виробничу активність внаслідок воєнних дій, що привело до скороченням доходів.

На даний час заклади харчування починають відроджувати свою діяльність, що ставить перед ними нові вимоги з покращення та впровадження нових підходів до ведення бізнесу. Виникає потреба швидко переорієнтуватися, реагувати на зміну споживчих настроїв і пріоритетів.

Слід зазначити, що асортименті страв, які пропонують заклади ресторанної індустрії різних форматів, заморожені десерти завжди займали суттєву нішу, оскільки дана група продукції характеризується сталим споживчим попитом. Така ситуація спонукає власників ресторанного бізнесу покращувати та розширювати асортимент даної групи продукції, використовуючи сучасні тенденції (нові смаки, користь, веган-спрямування тощо).

У статті розглянуто технологію заморожених десертів з використанням апарату *RasoJet*, що дозволяє отримати готову продукцію з покращеними структурно-механічними та органолептичними показниками. Застосування технології *pacotizing* дозволяє суттєво спростити реалізацію технології з одночасним отриманням гомогенної структури готового продукту.

З урахуванням світових трендів розвитку асортименту морозива запропоновано використання нетрадиційної сировини в їх складі та розроблено заморожену десертну продукцію з елементами молекулярної кухні як десертного так і закусочного спрямування.

Концепцією розробки визначено, що основу заморожених десертів складає рецептурна суміш на основі вершків тваринного походження. Для покращення консистенції готового продукту та підвищення харчової цінності запропоновано використання в їх рецептурному складі м'яких сирів («Фета» та «Рікота»). Визначено діапазон робочих концентрацій основних інгредієнтів, досліджено значення збитості та опір таненню модельних сумішей.

Проведені дослідження підтвердили доцільність використання апарату PacoJet в технології заморожених десертів, що дозволило скорегувати формулу морозива та виключити з його складу процес фрезерування. Даний підхід дозволяє знизити ризики утворення льоду, який суттєво погіршує сенсорне відчуття збитості та гомогенності готової продукції.

Ключові слова: заклади ресторанної індустрії, морозиво, заморожені десерти, молекулярна кулінарія, пакоджетінг.

Kolesnikova M. B., Iurchenko S. L., Cheremskaya T. V., Mykolenko M. A. Development of frozen dessert technology using elements of molecular cooking (Pacotizing)

The recent events in Ukraine are forcing restaurant business owners to actively transform in order to attract customers to their restaurants. It should be noted that a significant portion of the restaurant industry was forced to close permanently, while others reduced their production activity as a result of the hostilities, which led to a reduction in revenues.

Currently, restaurants are beginning to revive their operations, which puts new demands on them to improve and implement new approaches to doing business. There is a need to quickly reorient and respond to changing consumer sentiment and priorities.

It should be noted that frozen desserts have always occupied a significant niche in the range of dishes offered by restaurants of various formats, as this product group is characterized by steady consumer demand. This situation encourages restaurant business owners to improve and expand the range of this product group, using modern trends (new flavors, benefits, vegan options, etc.).

The article discusses the technology of frozen desserts using the PacoJet apparatus, which allows to obtain finished products with improved structural, mechanical and organoleptic characteristics. The use of pacotizing technology significantly simplifies the implementation of the technology while obtaining a homogeneous structure of the finished product.

Taking into account global trends in the development of ice cream assortments, the use of non-traditional raw materials in their composition is proposed and frozen dessert products with elements of molecular cuisine for both dessert and snacking are developed.

The development concept stipulates that the basis of frozen desserts is a recipe mixture based on cream of animal origin. To improve the consistency of the finished product and increase its nutritional value, it is proposed to use soft cheeses ("Feta" and "Ricotta") in their formulation. The range of working concentrations of the main ingredients was determined, and the value of whipping and melting resistance of the model mixtures was investigated.

The studies confirmed the feasibility of using PacoJet in the technology of frozen desserts, which made it possible to adjust the ice cream formula and exclude the milling process from its composition. This approach reduces the risk of ice formation, which significantly impairs the sensory perception of whipped and homogeneous finished products.

Key words: restaurant industry establishment, ice cream, frozen desserts, molecular cooking, pacojetting.

Постановка проблеми. Однією з головних задач країни є забезпечення найвищого рівня життя населення. У виконанні цієї задачі важливу роль відіграють заклади ресторанної індустрії, як основні місця формування настрою: від гастрономічних емоцій до задоволення від подієвих заходів. З урахуванням вищезазначеного актуальним є розроблення (удосконалення) та впровадження ефективних технологій сучасних харчових продуктів. Традиційно великим споживчим попитом користуються страви з солодким смаком (десерти, морозиво, кондитерські вироби). Інноваційні технології виробництва морозива та заморожених десертів дозволили сучасним виробникам істотно розширити асортимент та розробити продукцію відповідно до вимог сучасного споживача (цікаві смаки, користь, веган-спрямування тощо) [1, с. 181].

Крім різноманітних смакових характеристик, вживання морозива сприяє зменшенню стресових явищ, покращує настрій, насичує організм необхідними речовинами. Молоко та молочні продукти є одними з основних продуктів харчування, а їх роль в харчування людини все більше і більше зростає.

Практично у всіх кухнях народів світу існує категорія заморожених десертів на молочній основі (морозиво, желато, семіфредо...) – солодкий збитий заморожений

продукт, який містить складові частини молока та/або молочних продуктів, плодово-овочеву сировину, цукор або його замітники, стабілізатори, яєчні продукти, смакові й ароматні речовини. Тобто, категорія заморожених десертів була, є і буде популярною, але для забезпечення конкурентоспроможності закладам ресторанної індустрії необхідне постійне оновлення асортименту відповідно до сучасних трендів галузі та вимог споживачів [1, с. 182].

Об'єктом дослідження є технологія заморожених десертів (аналог морозива) з використанням елементів молекулярної кулінарії (pascotizing).

Аналіз останніх досліджень. Автори [2, с. 285], зазначають, що у кожному регіоні світу є такі види морозива, які історично та географічно стали національним надбанням і внаслідок процесу глобалізації можуть викликати зацікавленість споживачів в різних країнах світу.

Аналіз меню провідних закладів ресторанної індустрії дозволив визначити основні тренди розвитку нетрадиційного асортименту морозива (рис. 1).



Рис. 1. Світові тренди розвитку асортименту морозива

Згідно наведених даних визначено, що трендом розвитку технології замороженої продукції є розроблення та впровадження нетрадиційних смаків на основі молочного чи вершкового морозива, в тому числі з закусоцними смаками (копчена риба, бекон, сир тощо) та елементами молекулярної кулінарії.

Ще одним спрямуванням у технології морозива та заморожених десертів є розроблення функціональних продуктів. Методологію проектування функціонального морозива розглянуто авторами [4] та надано на рис. 2 (мовою оригіналу).

Відомо, що найчастіше інноваційні рішення стосуються відразу декількох складових технології: рецептурного складу, технічного оснащення, цікавості для споживача [5, с. 148–149]. Наприклад, поєднання знань про функціональні властивості сировини (в тому числі її окремих складових) та технічних можливостей апарату PascoJet надає змогу створювати унікальні за своїми складом та властивостями заморожені гомогенізовані десерти та закуски [6, с. 277; 7].

Метою дослідження є обґрунтування та розроблення технології заморожених десертів з використанням елементів молекулярної кулінарії (pascotizing) з урахуванням сучасних світових тенденцій виробництва заморожених десертів та закусок.



Рис. 2. Модель функціонального морозива [4]

Основна частина. На першому етапі розроблення технології заморожених десертів здійснено аналіз рецептурного складу морозива, яке виробляється підприємствами харчової промисловості та закладами ресторанної індустрії (рис. 3), завдяки чому розроблено модель рецептурного складу (основні та додаткові інгредієнти).



Рис. 3. Модель рецептурного складу морозива на основі молочної сировини

Заморожені десерти повинні відрізнятися особливими структурно-механічними та смаковими властивостями. Тому, окрім основної сировини, виникає необхідність у використанні інгредієнтів, які забезпечують в готовому морозиві задані фізичні та органолептичні показники.

За реалізації традиційних технологій стабілізатори та емульгатори відіграють особливу технологічну роль у морозиві (табл. 1).

Таблиця 1

Роль стабілізаторів у формуванні якості м'якого та загартованого морозива

Найменування етапу технологічного процесу	Параметри		Роль стабілізаторів у формуванні якості напівфабрикатів (н/ф) та/або готової продукції
	t, °C	Тривалість, с	
Приготування рецептурної суміші: змішування, пастеризація	35...45 70...85	(15...20)х60 (25...30)х60	Гідратація гідроколоїдів, формування адсорбційного шару молекул води на поверхні стабілізатора, що супроводжується підвищенням в'язкості системи
Гомогенізація	80...85	3...5 с	Створення дрібнодисперсної емульсії та її стабілізація за рахунок формування адсорбційного шару на поверхні розділу фаз вода/масло
Охолодження	4...6	(30...60) х 60	Формування властивостей рецептурної суміші (в'язкість, співвідношення вільної та зв'язаної води та ін.)
Фризерування	-6...-4	(10...15) х 60	Створення пінної структури за рахунок реалізації поверхнево-активних властивостей гідроколоїдів (формування адсорбційного шару на міжфазній поверхні газоподібного включення в рідкому середовищі), зв'язування вільної вологи
Загартовування	-45... -40	(4...6) х3600	Стабілізація пінної структури за рахунок фазового перетворення вода-лід, підвищення в'язкості, яке протидіє агломерації та коалесценції жиру
Зберігання та реалізація	-22... -20	1,5...3 міс	Регулювання співвідношення вільної та зв'язаної води, оптимальної гранулометрії

Застосування технології расотizing дозволяє суттєво спростити реалізацію технології з одночасним отриманням гомогенної структури готового продукту. Під спрощенням технології розуміємо реалізацію технологічного принципу оптимального варіанту. Моделювання технологічного процесу виробництва нового продукту дозволить виявити недоліки та побачити зв'язки між елементами структури (рис. 4), а також визначити показники, за якими доцільно проводити дослідження (рис. 5).

Концепцією розробки визначено, що основу заморожених десертів, які розробляються, буде складати рецептурна суміш на основі вершків тваринного

походження. Для покращення консистенції продукту та підвищення харчової цінності продукту запропоновано використання м'яких сирів («Фета» та «Рікота»).



Рис. 4. Модель цільових функцій технології морозива та заморожених десертів

Інноваційна частина роботи полягала у розробці нових рецептур з використанням м'яких сирів та технології “pacotizing” (пакоджетинг) [6, с. 277; 7]. Готова страва конструюється з вершково-сирної основи та попередньо підготовлених наповнювачів десертного та закусочного спрямування.



Рис. 5. Показники, за якими проводилися дослідження

На першому етапі експериментальних досліджень визначено склад та властивості вершково-сирної основи. При цьому розуміємо, що вершки з коров'ячого

молока будуть визначати збитість системи, надавати відчуття «вершковості» та «пишності», а м'які сири надавати відчуття «тіла» та щільності. На підставі кількісного аналізу рецептур морозива визначено діапазон робочих концентрацій компонентів (табл. 2) та досліджено збитість модельних сумішей (рис. 6).

Таблиця 2

Проект рецептурного складу модельних систем «Сир-вершки»

Основна сировина	Вміст компонентів у зразках, %					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Сир «Рікота»	65	70	75	-	-	-
Вершки 35% жирності	35	30	25	35	30	25
Сир «Фета»	-	-	-	65	70	75

Аналізуючи отримані дані, визначено, що при зменшенні масової частки вершків значення збитості модельної системи знижуються. Такі відмінності пояснюються щільністю суміші, тобто природою її складових компонентів, здатністю їх чинити опір насиченню суміші повітрям, наявністю серед їх властивостей тих, які сприяють утриманню повітряних пухирців.

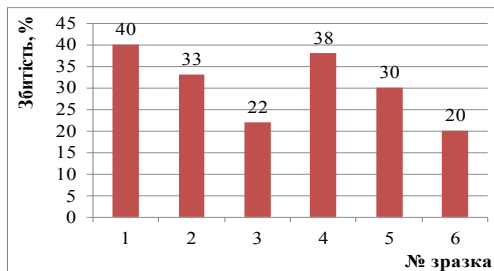


Рис. 6. Збитість сумішей від складу модельної системи

Найбільше значення щільності зі складових морозива має жир, тому з підвищенням його масової частки збитість погіршується. Одержані дані відповідають вимогам до заморожених сумішей, які є аналогами морозива зі щільною консистенцією. У середовищі топ-фахівців ресторанної індустрії існує формула ідеального морозива:

$$\text{Морозиво} = \frac{\text{Вода} + \text{жир} + \text{цукор} + \text{емульгатор}}{\text{Збитість} + \text{розміри та кількість кристаліків льоду}}$$

Верхня частина формули – це склад суміші для морозива, нижня – властивості, які ця суміш набуває в процесі фризеравання. Від кожного з компонентів цієї формули в кінцевому підсумку залежить смак морозива.

Особливого вершкового смаку морозива (ice cream) надають не тільки вершки у їх складі, але і високий відсоток збитості (в ice cream до 100% повітря на 100% продукту), якому сприяє тривале фризеравання [8, с. 157–158]. За ніжну консистенцію відповідають не тільки яєчні жовтки і вершки, але і маленький розмір кристалів льоду, який обумовлений низькою температурою. Завдяки реалізації елементів молекулярної кухні, а саме пакоджеттинг, з вищенаведеної формули

усувається процес фрезерування та знижується ризик утворення льоду, який суттєво погіршує сенсорне відчуття збитості та гомогенності. Традиційно, структура морозива складається з чотирьох різних фаз (рис. 7).

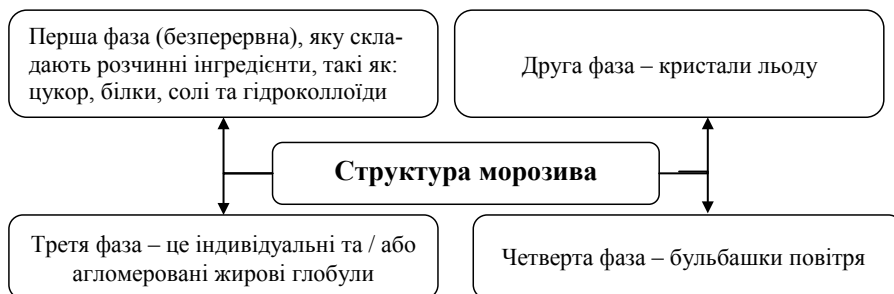


Рис. 7. Структура морозива [3, с. 21]

Важливу роль у формуванні структури морозива також відіграє міграційна рекристалізація води, за якої дрібні кристали зникають, а великі зростають [3, с. 27]. Такий показник, як опір таненню, перш за все, має важливе значення для формування гарних органолептичних показників продукції під час реалізації та організації споживання (рис. 8).

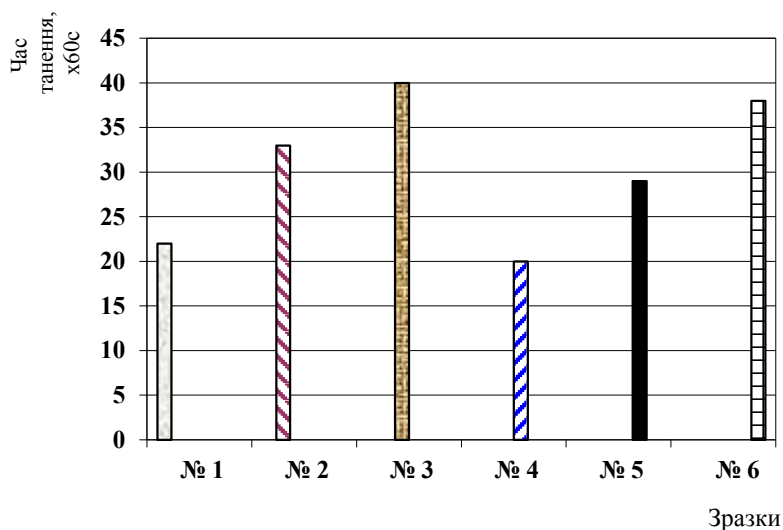


Рис. 8. Опір таненню модельних зразків

Як видно, більш високими значеннями опору таненню ((38...40) x 60 с) характеризуються системи з високим вмістом сирів м'яких та меншим вмістом вершків. Для порівняння: значення опору таненню традиційних видів морозива становлять для молочного морозива – (16...17) x 60 с, для вершкового морозива – (18...20) x 60 с, для пломбіру – (21...23) x 60 с.

Відомо, що при таненні морозива з «насиченим» емульгатором не відбувається збереження форми (після танення спостерігаємо звичайну суміш для морозива

тому, що жирова складова слабо сформована і не утворює тривимірного каркасу). У разі танення морозива з «ненасиченим» емульгатором, жирова складова створює стійку піну, а кристали льоду, що розтанули «забирають з собою» тільки розчинні низькомолекулярні речовини. Разом з тим, після танення такого морозива, його форма майже не змінюється.

На основі отриманих результатів розроблено заморожену продукцію з елементами молекулярної кухні: десертного спрямування (шоколадно-імбирний заморожений десерт з сиром «Рікота», з лікером «Сапагі» та сиром «Рікота»), кокосовий з лікером «Малібу» та сиром «Рікота», «Мохіто») та закусочного спрямування (з фореллю та кропом, з сиром «Фета»).

Основні етапи виробництва продукції підтверджено на практиці та відповідають моделі цільових функцій, яку наведено раніше.

Висновки. На підставі теоретичних та практичних робіт обґрунтовано та розроблено технологію та асортимент замороженої продукції (аналог морозива) десертного та закусочного спрямування з елементами молекулярної кухні, визначено основні етапи технологічного процесу виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Arslaner A., Salik M. A. Functional Ice Cream Technology. *Akademik Gida*. 2020. № 18 (2). С. 180–189.
2. Поліщук Г., Осьмак Т., Сапіга В. Аналіз асортименту морозива різних країн світу. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції*: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 5–6 листопада 2019 р.). Київ. К. : НУХТ, 2019. С. 285–287.
3. Сухенко Ю. Г., Поліщук Г. Є., Сарана В. В. Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива : монографія / За ред. проф. Г.Є. Поліщук К. : НУБіП України, 2019. 299 с.
4. Genovese A., Balivo A., Salvati A., Sacchi R. Functional ice cream health benefits and sensory implications. *Food Research International*. November. 2022. Volume 161.
5. Асауленко Н. В., Пацела О. А. Сучасні інновації в індустрії ресторанного бізнесу. Зб. тез доп. 79-ї наук. конф. викл. акад. (Одеса, 16–19 квіт. 2019 р.). Одеса, 2019. С. 148–150.
6. Onurlar B., Molecular gastronomy. *Global Concepts in Gastronomy*. Eğitim Yayınevi, 2023. 308 с.
7. Морозиво за \$6000, або чому варто купити PacoJet. URL: <https://chefs-shop.com/uk/morozhenoe-za-6000-ili-rochemu-stoit-kupit-pacojet>.
8. Беляєва І. М., Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В. Вплив інгредієнтів рецептури на структуру морозива. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність* : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 14 трав. 2020 р.). Харків : ХДУХТ, 2020. Ч. 1. С. 157–158.

REFERENCES:

1. Arslaner, A., Salik, M. A. (2020). Functional Ice Cream Technology. [Functional Ice Cream Technology] *Akademik Gida*. № 18 (2). С. 180–189. DOI: 10.24323/akademik-gida.758835 [in English].
2. Поліщук, Г., Осьмак, Т., Сапіга, В. (2019). Analiz asortymentu morozyva riznykh krain svitu. [Analysis of the assortment of ice cream from different countries of the world]. Proceedings from МІІМ '19: VIII Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «*Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti yevrointehratsii*». – The Eighth International Scientific and Technical Conference «*Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration*». (pp. 285–287). Kyiv. K. : NUKhT [in Ukrainian].

3. Сухенко, Ю. Г., Поліщук, Г. Є., Сарана, В. В. (2019). Naukove i tekhnichne zabezpechennia vyrobnytstva morozyva. [Scientific and technical support of ice cream production]. Monohrafiia. K.: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
 4. Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A., Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. [Functional ice cream health benefits and sensory implications]. *Food Research International*. November. Volume 161. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111858 [in English].
 5. Asaulenko, N. V., Patsela, O. A. (2019). Suchasni innovatsii v industrii restorannoho biznesu. [Modern innovations in the restaurant industry]. Proceedings from MIIM '79: nauk. konf. vykl. akad. – *The seventy-ninth scientific conference of the academy's teachers*. (pp. 148–150). Odesa [in Ukrainian].
 6. Onurlar, B. (2023). Molecular gastronomy. [Molecular gastronomy]. *Global Concepts in Gastronomy*. Eđitim Yayınevi [in English].
 7. Morozyvo za \$6000, abo chomu varto kupyty PacoJet. [Ice cream for \$6000, or why you should buy a PacoJet]. Retrieved from <https://chefs-shop.com/uk/morozhenoe-za-6000-ili-pochemu-stoit-kupit-pacojet> [in Ukrainian].
 8. Bieliaieva, I. M., Deinychenko, H. V., Zolotukhina, I. V. (2020). Vplyv inhre-diiientiv retseptury na strukturu morozyva. [Influence of recipe ingredients on ice cream structure]. *Proceedings from MIIM : Mizhnar. nauk.-prakt. Konferentsiia «Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, resto-rannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist»*. – The International scientific and practical conference «Development of food production, restaurant and hotel business and trade: problems, prospects, efficiency». (pp. 157–158). Kharkiv : KhDUKht [in Ukrainian].
-

УДК 664.871.335.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.17>

ВИКОРИСТАННЯ РИСОВОГО НАПОЮ У ТЕХНОЛОГІЇ ЦИБУЛЕВОГО СУПУ-ПЮРЕ

Неміріч О. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-2849-7501

Паєлюченко О. С. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-8742-4150

Матіяшук О. В. – старший викладач кафедри технології
ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0002-3477-3186

Крикунова А. В. – здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-9814-3688

В статті наведено результати досліджень щодо удосконалення рецептурного складу та технології приготування цибулевого супу-пюре з додаванням рисового напою для закладів ресторанного господарства. Серед різних зовнішніх факторів, які впливають на організм людини, харчування є одним з найважливіших. Правильно організоване харчування забезпечує нормальний плин процесів росту й розвитку організму, збереження здоров'я і працездатності людини [1]. Сучасна наука про харчування дійшла висновку, що вкрай необхідними для нормального функціонування нашого організму є супи. Вони важливі для раціонального харчування, забезпечують тіло теплом і енергією, допомагають активізувати обмін речовин і кровообіг [1]. Крім того споживання супів, за рахунок вмісту значної кількості мінералів та вітамінів, сприяє відновлення водно-сольового балансу.

Нині серед широкого асортименту супів вагому частку займають супи-пюре, попит на які серед споживачів продукції ресторанного господарства постійно зростає. Для супів-пюре характерні високі органолептичні показники. Їх відмінною рисою є ніжний смак і однорідна структура, більшість з них мають дієтичні властивості, легко засвоюються організмом людини, крім того, вони значно прості у приготуванні. З появою сучасного кухонного устаткування для тонкого подрібнення (блендерів, кухонних комбайнів) у меню більшої закладів ресторанного господарства передбачено супи-пюре, розроблені за власними технологіями.

Зростаючий попит серед споживачів закладів ресторанного господарства на вегетаріанську продукцію вимагає від виробників пошуку нових рослинних інгредієнтів як альтернативи сировини тваринного походження.

Рослинні напої дуже часто вводяться в раціон людей з непереносимістю лактози. Відноситься до вегетаріанського харчування, сиродієства, їх можна вживати під час посту та різноманітних дієт. Тому актуальним залишається питання дослідження можливостей використання рослинних напоїв у технології супів-пюре.

Ключові слова: цибулевий суп-пюре, рисовий напій, технологія, рецептурний склад, непереносимість лактози.

Niimirich O. V., Pavlyuchenko O. S., Matiyaschuk O. V., Krykunova A. V. Improvement of the onion puree soup technology

The article presents the results of improving the technology and recipe composition of onion puree soup with the addition of rice drink for restaurants. Among the various external factors that affect the human body, nutrition is one of the most important. Properly organized nutrition ensures the normal flow of growth and development processes of the body, preservation of health and working capacity of a person. Modern nutrition science has come to the conclusion that soups are absolutely necessary for the normal functioning of our body. They are important for a balanced diet, provide the body with heat and energy, help activate metabolism and blood circulation. A soup containing many minerals and vitamins has an effect on restoring the water-salt balance.

Mashed soups have recently gained popularity. They are tasty, light, dietary and easy to prepare. Previously, their preparation was more difficult, but with the advent of convenient kitchen equipment for fine grinding (blenders, food processors), each establishment was happy to develop its own puree soup technology. This soup is in great demand among both children and adults. A distinctive feature of pureed soup is its delicate taste and uniform structure. Soups using a biologically valuable plant component are in great demand. Plant-based drinks are often included in the diet of people with lactose intolerance. Refers to vegetarian food, raw food, it can be used during fasting and various diets. And that is why the technological process of preparing and serving such pureed soups is relevant today.

The article presents the results of improving onion puree soup by adding rice drink for restaurants. Namely, technology and formulation.

Key words: onion puree soup, rice drink, technology, recipe composition, lactose intolerance.

Постановка проблеми. Сучасна наука про харчування дійшла висновку, що вкрай необхідними для нормального функціонування нашого організму є супи. Вони важливі для раціонального харчування, забезпечують тіло теплом і енергією, допомагають активізувати обмін речовин і кровообіг [1]. Широкої популярності останнім часом набули супи-пюре. Вони смачні, легкі та прості в приготуванні. Раніше їх приготування було складніше, але з появою зручного кухонного устаткування для тонкого подрібнення майже всі заклади ресторанного господарства розробили власну технологію супу-пюре. Відмінною рисою супу-пюре є його ніжний смак і однорідна структура [2].

Нині багато людей страждають непереносимістю лактози, дотримуються постів, певних дієт, практикують вегетеріанство і тому категорично не можуть включати до свого раціону продукти тваринного походження, зокрема і молоко. Саме тому нами пропонується альтернатива, у рецептурному складі цибулевого супу-пюре замінити молоко – рисовим напоєм. Тим самим зробити його безлактозним і дозволеним для вживання даній категорії людей. Загалом, заміна коров'ячого молока рослинним аналогом – це розумний крок для людей з непереносимістю лактози, щоб уникнути неприємних симптомів і продовжувати насолоджуватися різноманітними стравами, включаючи супи.

Метою дослідження є удосконалення технології цибулевого супу-пюре з додаванням рослинного напою, а саме рисового.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед вітчизняних вчених, відомі розробки з удосконалення технології супів-пюре О.С. Пушки та В.С. Василенка, які дослідивши інноваційну технологію пюреподібних супів, дійшли висновку, що обов'язковою умовою отримання супів-пюре високої якості є однорідна консистенція, яка досягається залученням спеціального обладнання, та додаванням в протерту масу льсзону (суміші яєчних жовтків і молока), борошняної пасеровки чи вершків [3]. Соловійов А.В розробив рецептуру та технологію безглютенового супу-пюре з використанням амарантового борошна [4] та інші.

Виклад основного матеріалу. В якості базової рецептури і технології обрано рецептуру цибулевого супу пюре, що представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептура базової продукції – цибулевого супу-пюре (контролю)

Сировина	Маса, г	
	Брутто	Нетто
Цибуля ріпчаста	176	161
Олія соняшникова	10	10
Бульйон курячий	70	70
Хліб пшеничний	20	20
Молоко	50	50
Вихід	-	300

Основним інгредієнтом цибулевого супу-пюре є цибуля ріпчаста. В своєму складі вона містить білки, жири, вуглеводи, мікро та макроелементи, органічні кислоти та ефірні масла.

Соняшникова олія – цінне джерело корисних, у тому числі незамінних речовин. Зокрема, вітаміни А, D, Е, К, групи В, фітин, а також ціла низка необхідних організму жирних кислот: ліолева, олеїнова, пальмітинова, стеаринова та інші.

Курячий бульйон — продукт, насичений корисними речовинами: амінокислотами, ненасиченими жирними кислотами, пептидами. Адже у курячому м'ясі міститься велика кількість різноманітних речовин і вітамінів.

Молоко – це емульсія крапель жиру в воді. У ньому містяться такі речовини: білки, жири, молочний цукор (лактоза), мінеральні солі, вода. Якщо детальніше розглянути білки, що містяться в молоці, то вони представлені альбуміном, глобуліном і казеїном. Всі білки характеризуються легким всмоктуванням і містять всі необхідні для організму амінокислоти.

Функціональна схема виробництва цибулевого супу-пюре (контроль) наведено на рисунку 1.

Технологічна схема виробництва цибулевого супу-пюре складається з наступних етапів: підготовки сировини до виробництва, приготування рецептурної суміші, оформлення.

Цибулю ріпчасту очищують, нарізають; смажать на олії, додають бульйон курячий н/ф та варять. Хліб пшеничний нарізають на кубики, підсушують за $t=180^{\circ}\text{C}$ 10 хв до утворення грінок.

Підсистема В «Приготування рецептурної суміші». В межах підсистеми здійснюється операція одержання супу-пюре за рахунок подрібнення вже приготованих інгредієнтів рецептури за підсистемою С, додавання спецій, молока та подальше проварювання рецептурної суміші.

Підсистема А «Оформлення та реалізація супу-пюре». Цибулевий суп-пюре подають при температурі 70°C .

Виходом підсистеми є цибулевий суп-пюре з відповідними органолептичними, фізико-хімічними показниками якості, безпеки і структурно-механічними властивостями. Відпускають даний суп-пюре з грінками з пшеничного хліба.

Для покращення якісних показників готової страви за функціональною схемою передбачено оптимізовану стадію подрібнення цибулевого супу-пюре, для формування відповідної структури супу.

Цибулевий суп-пюре – це дисперсна система, в якій тверді частки цибулі розподілені в рідинній фазі. Хімічні сполуки, які забезпечують стійкість цієї дисперсної системи, включають білки, полісахариди, геміцелюлози та гідроколоїди.

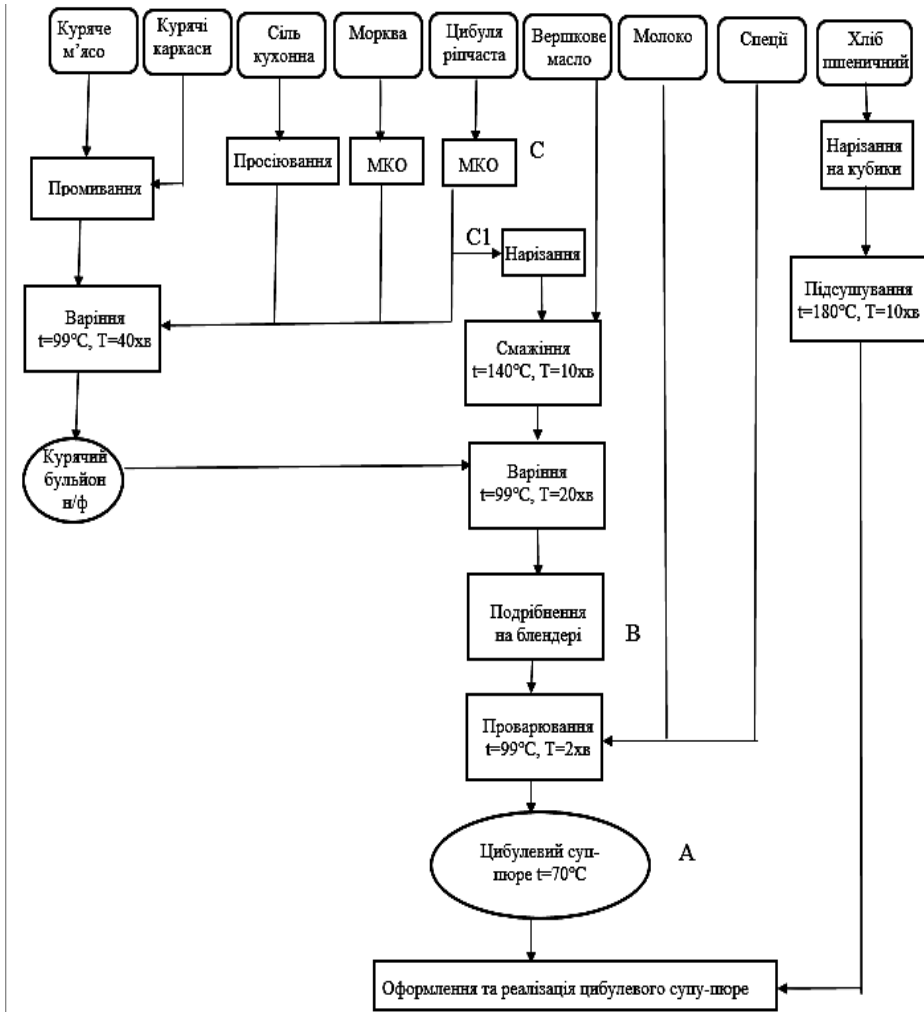


Рис. 1. Функціональна схема виробництва цибулевого супу-шоре (контроль):
 А – Оформлення та реалізація супу-шоре; В – Приготування рецептурної суміші;
 С – Підготовка сировини до виробництва (С1 – традиційних інгредієнтів рецептури)

Білки мають властивість взаємодіяти з водою та іншими речовинами, що допомагає їм утримувати тверді частки в розподіленому стані. У цибулевому суп-шоре наявність білків відбувається завдяки наявності курячого бульйону або інших джерел білків.

Полісахариди (наприклад, крохмаль) також можуть допомагати утримувати тверді частки в розподіленому стані. У цибулевому суп-шоре наявність полісахаридів може бути забезпечена додаванням крохмалю для згущення супу.

Геміцелюлози – це складові рослинної клітинної стінки, які мають властивість забезпечувати стійкість дисперсних систем. У цибулевому суп-шоре наявність геміцелюлоз може бути забезпечена наявністю цибулі, яка містить ці сполуки.

Гідроколоїди – це високомолекулярні речовини, які здатні забезпечувати стійкість дисперсних систем завдяки здатності утворювати колоїдні розчини. У цибулевому суп-пюре наявність гідроколоїдів може бути забезпечена додаванням крохмалю, пектину або інших гідроколоїдів для забезпечення загущення та стійкості дисперсії.

Загалом, комбінація цих хімічних сполук допомагає забезпечити стійкість дисперсної системи у цибулевому супі-пюре, дозволяючи твердим часткам цибулі розподілятися рівномірно в бульйоні та не відстоюватися на дні посуду. Це робить суп-пюре більш апетитним та зручним у вживанні, тому що не потрібно постійно змішувати тверді та рідкі компоненти, щоб зберегти їх рівномірний розподіл.

Для надання супам-пюре функціональних властивостей та забезпечення отримання готової продукції з високими показниками якості було здійснено повну заміну молока коров'ячого на рисовий напій та додатково передбачено стадію запікання основного продукту – цибулі.

Рисовий напій – низькокалорійний продукт, який виготовляється шляхом переробки рослинної сировини (табл. 2).

Очевидним є те, що внесення рослинної сировини сприятиме формуванню у готовій страві кольору, смаку, аромату тощо. Тому особливу увагу необхідно було приділити дослідженню органолептичних властивостей рисового напою (табл. 3).

Таблиця 2

**Теоретичне обґрунтування вибору інноваційних інгредієнтів
для удосконалення або розроблення нової технології**

Інноваційний інгредієнт	Функціонально-технологічна роль у технології виробництва продукції	Фізіологічна роль
Рисовий напій	Створення необхідної консистенції супу-пюре, за рахунок високої в'язкості та стабільності, що дозволяє забезпечити гладку та кремову текстуру супу-пюре. Може бути використане для зменшення вмісту жиру та калорійності виробу, поліпшення смаку та аромату. Може виступати як натуральний емульгатор, що допомагає забезпечити однорідну дисперсію всіх інгредієнтів в супі-пюре.	Може бути корисним для людей з лактозою непереносимістю, оскільки воно не містить лактози, яка є основним цукром у молоці та молочних продуктах. Містить вітаміни та мінерали, такі як вітамін D, кальцій, фосфор, магній, які можуть бути корисними для здоров'я кісток та зубів. Містить біологічно активні речовини, які сприяють здоров'ю та підтримці імунної системи.

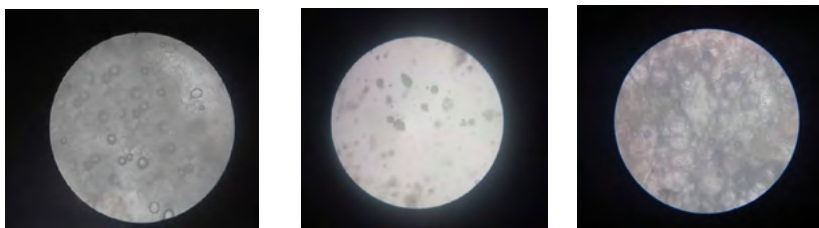
Аналізуючи дані табл. 3 можна прогнозувати, що за своїми органолептичними властивостями рисовий напій не погіршуватиме смак готової страви, а тому може бути використаний для розширення асортименту крем-супів з використанням рослинних аналогів молока.

Научно технологічні властивості рисового напою пояснює мікроструктура його частинок. При дослідженні рисового напою можна спостерігати його склад за допомогою збільшеного зображення. вивчити наявність у рисових частинок, дрібних зерен та інших складових напою. Паралельно для порівняння досліджували мікроструктуру соєвого напою та коров'ячого молока (рис. 2).

Таблиця 3

Органолептичні властивості рисового напою

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Однорідна консистенція, білого кольору з жовтуватим відтінком
Колір	Білий з жовтуватим відтінком
Запах	Приємний, рисовий
Смак	В міру солодкуватий, рисовий, без сторонніх присмаків
Консистенція	Однорідна



а

б

в

Рис. 2. Мікроструктура (x 250 разів):

а) коров'ячого молока; б) соєвого напою; в) рисового напою

Різниця в мікроструктурі молока і рослинних напоїв відрізняється за рахунок різного вмісту основних інгредієнтів. Як видно з рис. 2, в молоці міститься значна кількість білків, жирів та поверхнево-активних речовин, які забезпечують формування стабільної мікроструктури з більш чіткими прозорими зернами. У рослинних – міститься значна кількість вуглеводів зокрема, крохмалів та ймовірно меншу кількість поверхнево-активних речовин, які визначають менш чітку окресленість, без чітко виражених конгломератів.

Для дослідження структурно-механічних властивостей цибулевого супу-пюре було обрано 3 дослідні зразки (рис. 3) з різним % співвідношенням рисового напою до маси композиції:

Зразок № 1 – 30% рисового напою;

Зразок № 2 – 40% рисового напою;

Зразок № 3 – 50% рисового напою.

Оцінювання здійснювали за 5-ти бальною шкалою.

Дослідивши структурно-механічні властивості цибулевого супу-пюре з різним % співвідношенням дійшли висновку, що найкращим є зразок № 2, зі 40% вмістом рисового напою адже за всіма структурними показниками має максимальне значення.

Попередні дослідження технологічного потенціалу рисового напою дозволили сформулювати наукову гіпотезу роботи: завдяки високій емульгуючій здатності, а також високому вмісту вуглеводів (крохмаль, клітковина) в рисовому напої сформуються відповідні властивості суспензії з його використанням. А саме – стійкість до седиментації, стійкість структури за реологічними властивостями, що дозволить отримати страву високої якості та покращеної поживної цінності.

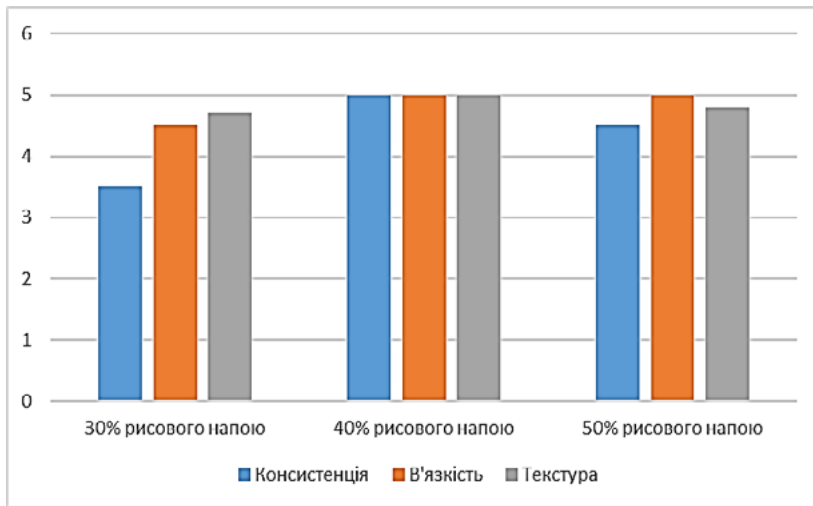


Рис. 3. Структурно-механічні властивості цибулевого супу-пюре

Вищевказане є підставою для проведення комплексу досліджень з визначення раціонального дозування рисового напою у складі супу-пюре.

На першому етапі досліджень було визначено вплив рисового напою на структуру і реологічні властивості модельних систем – суспензій, що отримано за різного дозування рослинного інгредієнту – 30, 40 та 50% до маси композиції. Модельні зразки готували при дотриманні рецептурного співвідношення інгредієнтів, що показано в табл. 4.

Таблиця 4

Рецептурне співвідношення інгредієнтів в модельних системах

Сировина	Контроль – без добавок	З додаванням рисового напою, % до маси рецептурної композиції		
		30	40	50
Цибуля ріпчаста	54	62,5	57	60,5
Олія соняшникова	3	3	3	3
Бульйон курячий	22	-	-	-
Хліб пшеничний	6	6	6	6
Молоко	15	-	-	-
Рисовий напій	-	28,5	34	45,5
Разом,%	100	100	100	100

Досліджено вплив рисового напою у кількості 30, 40 та 50% до маси рецептурної суміші на органолептичні властивості цибулевого супу-пюре (табл. 5).

Як видно з табл. 5, цибулевий суп-пюре з 40% та 50% рисового напою відрізняється більш привабливими органолептичними властивостями, проте 30% рисового напою приводить до ущільнення структури, занадто густої консистенції супу-пюре, а у зразку 50% – появі у готовій страві яскраво виражений присмак рисового напою.

Таблиця 5

Органолептичні властивості цибулевого супу-пюре з рисовим напоєм

Показник	Цибулевий суп-пюре (контроль)	Цибулевий суп-пюре з рисовим напоєм, % до маси рецептурної суміші		
		30	40	50
Зовнішній вигляд	Однорідна маса, світло-жовтого кольору	Однорідна маса	Однорідна маса, кремового кольору	Однорідна маса, кремового кольору
Колір	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Кремовий	Кремовий
Смак	В міру солоний, цибулевий з яскраво вираженим присмаком молока	В міру солоний, цибулевий	В міру солоний, приємний, цибулевий	В міру солоний, цибулевий з яскраво вираженим присмаком рисового напою
Запах	Приємний, цибулевий	Приємний, цибулевий	Приємний, цибулевий	Приємний, цибулевий
Консистенція	Однорідна	Однорідна, занадто густа	Однорідна, в міру густа	Однорідна, в міру густа

Отримані результати підтверджуються і даними дегустації дослідних зразків супу-пюре (рис. 4).

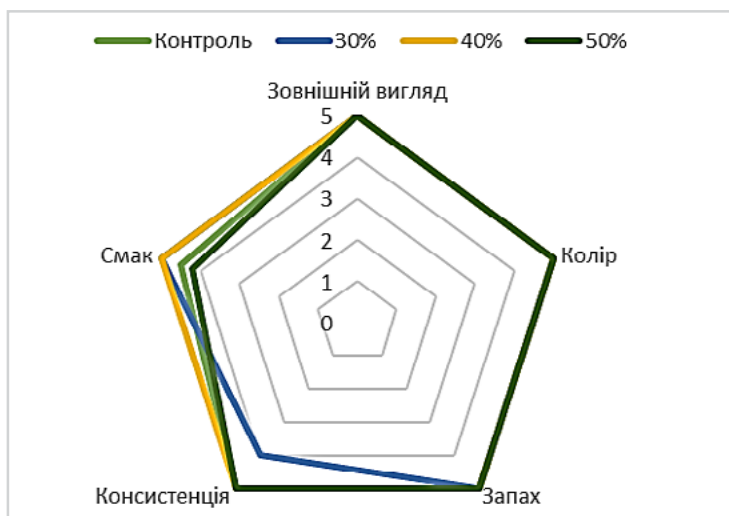


Рис. 4. Профілограма оцінки якості цибулевого супу-пюре з рисовим напоєм

Як видно, в результаті додавання 40% рисового напою покращилися органолептичні показники якості готової страви. Слід зазначити, що контрольний та дослідні зразки з різним % співвідношенням відрізнялися за смаком та консистенцією. Удосконаливши рецептуру інноваційною сировиною, покращилася дані показники.

Отже, можна дійти до висновку, що раціональною масовою часткою рисового напою, яка сприяє формуванню відповідної якості цибулевого супу-пюре, є 40% до маси рецептури.

Рецептура цибулевого супу-пюре основного, прийнятого в якості контрольного зразка, а також удосконалена нами рецептура супу-пюре з рисовим напоєм представлено в табл. 6.

Таблиця 6

Рецептура цибулевого супу-пюре (контроль) та цибулевого супу-пюре з рисовим напоєм (40%)

Сировина	Цибулевий суп-пюре (контроль)		Цибулевий суп-пюре з рисовим напоєм	
	Маса, г			
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Цибуля ріпчаста	176	161	196	181
Олія соняшникова	10	10	10	10
Бульйон курячий	70	70	-	-
Хліб пшеничний	20	20	-	-
Хліб рисовий	-	-	20	20
Сіль	3	3	3	3
Майоран	-	-	2	2
Молоко	50	50	-	-
Рисовий напій	-	-	120	120
Вихід	-	300	-	300

Етапи технологічного процесу виробництва цибулевого супу-пюре з рисовим напоєм включають: підготовки сировини до виробництва, приготування рецептурної суміші, оформлення.

Порівняльна поживна та енергетична цінність цибулевого супу-пюре (контроль) та цибулевого супу-пюре з рисовим напоєм (40%) наведена у табл. 7.

Таблиця 7

Поживна та енергетична цінність цибулевого супу-пюре, г/100 г

Складова	Цибулевий суп-пюре (контроль)	Цибулевий суп-пюре з рисовим напоєм (40%)
Білки	1,9	1,6
Жири	2,5	1,8
Моно- та дисахариди	3,5	4,0
Крохмаль	0,1	0,3
Клітковина	0,6	0,8
Насичені жирні кислоти	0,1	0,1
Енергетична цінність, ккал	82	75

Як видно з таблиці 7, суп-пюре за запропонованою нами рецептурою є продуктом покращеної поживної цінності. Це визначається, насамперед, збагаченням природними складовими компонентами рослинних добавок (легкозасвоюваними вуглеводами, баластними речовинами, мінеральними речовинами). Позитивним

є збільшення в інноваційній страві вмісту моно- та дисахаридів, клітковини, а також зменшення жиру. Слід зазначити, що енергетична цінність інноваційного супу-пюре страви дещо знижується, що матиме позитивне значення для продуктів, призначених для лікувально-профілактичного харчування.

Висновки. Розширення асортименту супів-пюре, зокрема, з використанням рослинних аналогів молока є достатньо актуальним питанням на сьогоденному етапі розвитку ресторанного господарства.

У технології супів-пюре з використанням рослинних напоїв перспективною сировиною є рисовий напій, який здатний не лише забезпечити отримання готової продукції необхідної в'язкості, консистенції та текстури, а й отримати супи-пюре спеціального призначення.

Розроблений рецептурний склад та технологія приготування супу-пюре з використанням рисового напою, у кількості 40% до маси композиції, забезпечує отримання безлактозної, безглютенової кулінарної продукції, для закладів ресторанного господарства, у тому числі вегетаріанського призначення, з високими органолептичними показниками, поживною та енергетичною цінністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Чижевська Л.А., Польовик В.В., Корецька І.Л. Удосконалення технології супів із використанням рослинної сировини : веб-сайт. URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/4_2020/33.pdf (дата звернення: 20.02.2023).
2. Супи: класифікація, особливості, характеристики : веб-сайт. URL: <http://поради.pp.ua/receptu/5226-supi-klasifikacya-osoblivost-harakteristik.html> (дата звернення 07.06.2023).
3. Пушка О. С. Інноваційна технологія пюреподібних перших страв / В.С. Василенко // *Проблеми формування здорового способу життя у молоді* : IX Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів з міжнародною участю, 30 вересня – 2 жовтня 2016 р. : тези доп. – Одеса : ОНАХТ, 2016. С. 107.
4. Соловійов А. В. Ресторан на 66 місць у місті Болград Одеської області.: дипломний проект – ПУЕТ, 2020р

REFERENCES:

1. Chizhevska L.A., Polovyk V.V., Koretska I.L. (2020) *Improving the technology of soups using vegetable raw materials. Academic notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: technical sciences* (electronic journal), vol. 32, no. 4, pp. 213–220. Retrieved from: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/4_2020/33.pdf (accessed 20 February 2023).
2. *Soups: classification, features, characteristics. Retrieved from:* <http://поради.pp.ua/receptu/5226-supi-klasifikacya-osoblivost-harakteristik.html> (accessed 7 June 2023).
3. Pushka O.S. (2016) *Innovative technology of mashed first dishes / Vasylenko V.S. (2016) Problems of forming a healthy lifestyle among young people: materials of the IX All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists and students with international participation* (Odesa, September 30 – October 2), Odesa : ONAKHT, p. 107.
4. Solovyov A. V. (2020) *A restaurant with 66 seats in the city of Bolgrad, Odesa region.: diploma project.* Poltava: PUET.

УДК 664.6.37

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.18>

ОЦІНКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ МАРИНОВАНИХ КУРЧАЧИХ КРИЛЕЦЬ

Новікова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Сумська О. П. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1606-6103

Шумілов В. М. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-6594-5828

У статті на підставі вивчення літературних джерел, визначено перспективу розроблення технології виготовлення натуральних напівфабрикатів із м'яса птиці. Для виробництва напівфабрикатів використовують усю тушку, або її частини, що є економічно доцільним.

Технологія маринованих напівфабрикатів охоплює такі операції: засолювання, масування, витримання у посоленому стані. До найпоширеніших маринованих напівфабрикатів належать курчата табака і курчата любительські.

Дослідженнями встановлено, що для всіх дослідних зразків відзначено прояв більш яскравого та інтенсивного кольору, що може бути пов'язано з покращенням проникнення складових компонентів розсолу до сировини і стабілізації процесу кольороутворення. Профілограми органолептичних показників маринованих напівфабрикатів вказують на позитивний вплив гідроімпульсного способу масажування в оцінюваних показниках.

Так для дослідних зразків був відзначений більш типовий м'ясний смак, а оцінка за даним критерієм на 0,9 бала вище контрольного зразка. Дослідні зразки також відрізняються гармонійністю сформованого флевора і його інтенсивністю – оцінки за цими критеріями наближені до максимуму – 9,8 бали.

Фізико-хімічні показники якості оцінювалися за такою номенклатурою загальна волога (%), рН, зусилля різання (Н/мм). Аналіз отриманих даних свідчить про кращі значення для дослідних зразків за всіма показниками по відношенню до контролю.

Це свідчить про позитивний вплив гідроімпульсного способу масажування, як фактора що сприяє активізації ферментативних систем і, як наслідок, збільшення швидкості перетворення основних компонентів сировини. Показник рН дослідних зразків зміщений в лужну сторону на середньому на 0,2 одиниці, що обумовлено інтенсифікацією процесів автолізу. Обробка викликає підвищену проникність біомембран, що в сукупності сприяє підвищенню активності ферментативних систем м'ясної сировини.

Ключові слова: напівфабрикати, м'ясо птиці, органолептичні показники, фізико-хімічні показники.

Novikova N. V., Sumska O. P., Shumilov V. M. Assessment of physical-chemical and organoleptic quality indicators in the manufacture of marinated chicken wings

In the article, based on the study of literary sources, the perspective of the development of the technology for the production of natural semi-finished products from poultry meat is determined. For the production of semi-finished products, the whole carcass or its parts are used, which is economically expedient.

The technology of pickled semi-finished products includes the following operations: salting, massaging, aging in a salted state. The most common marinated semi-finished products include tobacco chickens and amateur chickens.

Research has established that all test samples have a brighter and more intense color, which may be related to the improvement of the penetration of the constituent components of the brine into the raw materials and the stabilization of the color formation process. Profilograms of organoleptic indicators of marinated semi-finished products indicate a positive effect of the hydropulse method of massaging in the evaluated indicators.

Thus, a more typical meaty taste was noted for the test samples, and the score according to this criterion was 0.9 points higher than the control sample. The test samples also differ in the harmony of the formed flavor and its intensity – the scores according to these criteria are close to the maximum – 9.8 points.

Physico-chemical quality indicators were evaluated according to the following nomenclature: total moisture (%), pH, cutting force (N/mm). The analysis of the obtained data indicates better values for the experimental samples for all indicators in relation to the control.

This testifies to the positive effect of the hydropulse massage method as a factor contributing to the activation of enzymatic systems and, as a result, an increase in the rate of transformation of the main components of raw materials. The pH indicator of the experimental samples is shifted to the alkaline side by an average of 0.2 units, which is due to the intensification of autolysis processes.

Key words: *semi-finished products, poultry meat, organoleptic indicators, physico-chemical indicators.*

Вступ. На сьогоднішній день основною проблемою, яка стоїть перед людством, є забезпечення якісними продуктами харчування. Важливим фактором навколишнього середовища – є харчування, яке протягом усього життя людини впливає на її організм. Харчові інгредієнти, що надходять з продуктами харчування і у процесі метаболізму перетворюються у структурні елементи клітин, що забезпечують наш організм енергетичним та пластичним матеріалом, створюють належну розумову і фізичну працездатність, визначають здоров'я та якість життя людини, її творчий потенціал, довголіття. М'ясо і м'ясопродукти – вироби тваринного походження – незамінне джерело повноцінних білків, жирів, вітамінів, мінеральних речовин, інших життєво важливих речовин у раціоні людини. Отже, стан харчування є найважливішим фактором, що визначає здоров'я людини.

Постановка проблеми. М'ясопереробна галузь залишається для України пріоритетною і стратегічною. Посилення процесів глобалізації та інтеграції України до світової спільноти висувають нові вимоги до розвитку м'ясопереробної галузі: відповідність міжнародним стандартам якості, екологічності та безпеки; перехід на інноваційну модель розвитку галузі та активне впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій виробництв на основі комплексного використання сировини тощо.

В Україні споживання м'яса формується під впливом багатьох чинників: історично сформованих смакових вподобань українців, рівня доходів населення, «доступності» м'яса та інше [3].

В умовах дефіциту м'ясної сировини, яку отримують від забійних тварин, порятунком для ряду споживачів стало м'ясо птиці. Темпи зростання споживання м'яса птиці в Україні і світі пов'язані не тільки з економічними чинникам, а й з високою поживною цінністю даної сировини.

М'ясо птиці завжди вважалося особливим, завдяки своєму ніжному смаку. Враховуючи сучасний інтенсивний розвиток птахівництва, придбати і приготувати м'ясо птиці сьогодні може велика частина населення. Якщо в щоденному раціоні найбільш часто використовується м'ясо курей, то на свята віддають перевагу стравам з м'яса індички, гусака та качки.

На сьогодні розв'язання проблеми здорового харчування є найважливішим та актуальним державним завданням, пов'язаним із соціальною стабільністю суспільства і здоров'ям населення. Деформований харчовий раціон сучасної людини – дефіцит повноцінного білка, мінеральних елементів (йоду, селену, заліза), вітамінів антиоксидантного характеру і фолієвої кислоти, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон – не може забезпечити рекомендованих фізіологічних норм споживання есенціальних нутрієнтів, що знижує фізичну та розумову працездатність, скорочує тривалість життя.

М'ясо птиці – важлива складова здорового харчування, визнане у всьому світі як фаворит серед м'ясних страв. М'ясо курей легко перетравлюється. Воно краще засвоюється, ніж яловичина, так як в ньому менше сполучної тканини – колагену. Саме м'ясо курей є важливим компонентом дієтичного харчування [1].

М'ясо птахів варять, тушкують, смажать, запікають, роблять котлети і безліч інших смачних і корисних страв. Проте варто врахувати, що при тепловій обробці втрачається близько половини вітамінів, тому прекрасним доповненням до страв з птиці є салати, зелень і свіжі овочі.

Мета дослідження. Удосконалення технології маринованих напівфабрикатів з м'яса птиці і насичення інгредієнтами м'ясної сировини.

Аналіз останніх досліджень. У сучасному асортименті м'ясних напівфабрикатів, які виготовляються вітчизняними підприємствами, досить широко представлені, як традиційні вироби, так і нові види продукції. Наприклад, м'ясні напівфабрикати з птиці у маринаді: крильця курячі, стегенця курячі, шашлики з курячого філе у різних маринадах. Переважна більшість продукції цього сегменту виготовляється за сучасними технологіями та новими рецептурами та передбачають використання харчових добавок широкого спектру дії [8].

Асортимент напівфабрикатів можна розширити, застосовуючи різні маринади. Мариновані напівфабрикати відрізняються від звичайних натуральних не тільки своїм зовнішнім виглядом, а й смаковими властивостями. Мариновані напівфабрикати мають триваліший термін зберігання (до 3 тижнів) і більший вихід при термообробленні. До складу маринадів входять прянощі, зелень, сіль, ароматизатори, ферменти, різні добавки, рослинна олія, засоби для зберігання свіжості. Виробництва маринованих напівфабрикатів з птиці переважно здійснюють після розбирання попередньо охолоджених тушок курчат – бройлерів за сучасної технології [4].

Для більш ефективної консервуючої дії розповсюджене використання кухонної солі разом із харчовими кислотами. Процес маринування разом із процесом соління забезпечує у сировині і готових продуктах формування необхідних технологічних (вологзв'язуюча здатність, еластичність, опірність руйнуванню, ніжність) і споживчих (смак, аромат, колір, консистенція) властивостей [5]. Харчові кислоти, вступаючи у взаємодію з компонентами сировини, надають продукту приємний специфічний смак і аромат, частково розщеплюють білки і жири, що робить його більш м'яким і смачним. Використання харчових кислот в продукті може бути причиною введення їх в харчову систему під час технологічного процесу для регулювання її рН. У цьому випадку харчові кислоти використовуються як технологічні харчові добавки.

Таким чином, введення кислот в харчову систему забезпечує: надання певних органолептичних властивостей (смак, аромат, колір), характерних для даного продукту; вплив на колоїдні властивості, які зумовлюють формування консистенції; консервуючий вплив.

Створені фахівцями фірми «AVO-Верке Аугуст Байссе ГмбХ» смако-ароматичні суміші спецій, найширша гама маринадів зі збалансованими складами виключно з натуральних продуктів і різноманітністю смаків користуються великою популярністю на світових ринках. Маринади «AVO» відомі завдяки їх різноманітності, неповторності смаків, практичності в приготуванні напівфабрикатів з м'яса, птиці, риби та овочів [19]. До складу маринаду «Пряний лимон» входять такі інгредієнти: ріпакова олія, сіль, спеції (цибуля, імбир, петрушка, чилі, корінь любистку, пажитник, конюшина, куркума, коріандр, кмин, лавровий лист, фенхель), пальмова олія, ароматизатори (натуральні ароматизатори (лимон, лайм-лимон), пряні ароматизатори).

Виклад основного матеріалу досліджень. Один з основних технологічних засобів, які забезпечують споживчі властивості солених продуктів – це процес соління м'яса. Метою соління м'яса є формування необхідних смаку, запаху, кольору, консистенції та запобігання мікробіологічного псування. Зміни у м'ясі при солінні викликані ферментативними та мікробіологічними процесами [9].

При маринуванні відбуваються складні біохімічні і масо-обмінні процеси:

- накопичення та перерозподіл у м'ясі засолювальних речовин;
- втрати водо- та солерозчинних речовин м'яса у навколишнє середовище;
- зміна стану білків та ферментних систем;
- зміна водозв'язуючої здатності, форм зв'язку вологи та маси м'яса;
- зміна мікроструктури;
- накопичення речовин, які обумовлюють смак та запах;

Для інтенсифікації процесів розподілу розсолу та дозрівання м'яса застосовують механічну тендеризацію м'яса та масажування.

Встановлено, що збільшення концентрації розсолу з 12 до 24% забезпечує прискорення накопичення солі в продукті приблизно в 2 рази. Проте з підвищенням концентрації солі і тривалості її дії відбуваються глибока денатурація і коагуляція деяких білків, головним чином глобулінів. І цей процес супроводжується укрупненням білкових часток, що знижує їх рухливість і розчинність.

Харчові продукти різні за хімічним складом, перетравності, характером впливу на організм людини. Продукти харчування характеризує їх харчова, біологічна та енергетична цінність.

Харчова цінність – загальне поняття, що включає енергоцінність продуктів, вміст у них харчових речовин і ступінь їх засвоєння організмом, органолептичні гідності, доброякісність (нешкідливість).

Енергетична цінність визначається кількістю енергії, яку дають харчові речовини продукту: білки, жири, вуглеводи, органічні кислоти.

Інформація про харчову та енергетичну цінність маринованих крилець курячих представлено в табл. 1.

Зовнішній вигляд виробів – важливий показник, який характеризує споживчу привабливість продукту. На зовнішній вигляд продукту впливають такі фактори, як правильна послідовність введення компонентів, ведення технологічного процесу з дотриманням всіх параметрів, а саме: температури, вологості, швидкості руху повітря. За даними досліджень встановлено, що кращий зовнішній вигляд мали вироби дослідної групи виготовлення [6].

Для всіх дослідних зразків відзначено прояв більш яскравого та інтенсивного кольору, що може бути пов'язано з покращенням проникнення складових компонентів розсолу до сировини і стабілізації процесу кольороутворення. Профілограми органолептичних показників маринованих напівфабрикатів вказують

Таблиця 1

**Харчова та енергетична цінність маринованих крилець курячих,
г/100 г продукту**

Показник	Значення
Білків, г	16
Жир, г	12
Ненасичених жирних кислот, г	3,1
Вуглеводи, г	0,4
Сіль, г	1,2
Енергетична цінність, ккал/кДж	716/172

на позитивний вплив гідроімпульсного способу масажування в оцінюваних показниках.

Так для дослідних зразків (Рис. 1) був відзначений більш типовий м'ясний смак, а оцінка за даним критерієм на 0,9 бала вище контрольного зразка. Дослідні зразки також відрізняються гармонійністю сформованого флевора і його інтенсивністю – оцінки за цими критеріями наближені до максимуму – 9,8 бали.

ГАРМОНІЧНІСТЬ

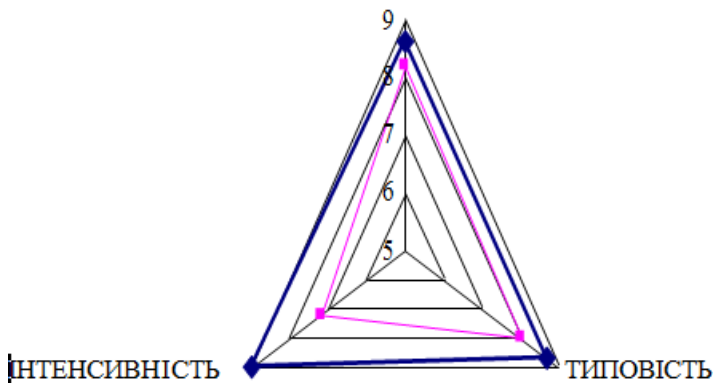


Рис. 1. Результати дегустаційного аналізу зразків за критерієм «смак та аромат»

Інтенсивність та вираженість смаку і аромату в дослідних зразках м'ясних виробів, отриманих за використання гідроімпульсного способу масажування обумовлені ефектом підвищення терморезистентності біополімерів м'яса в результаті їх гідратації. Стабільність ароматичних сполук в м'ясних продуктах можна пояснити набуттям цими органічними сполуками щільних гідратних оболонок, що дозволяють їм існувати у вигляді гідратованих колоїдів і комплексних іонів в широкому діапазоні температур, не піддаючись термічній денатурації.

Порівняльна органолептична оцінка консистенції маринованих напівфабрикатів (Рис. 2) свідчить, що дослідні зразки мали кращі показники за контроль за характеристиками: ніжність, м'якість, пружність, соковитість, пережовуванність.

При цьому відзначені найбільш високі значення характеристик – соковитість і м'якість. Після термічної обробки спостерігалось зростання даного параметра. Ймовірно, це обумовлено здатністю колагену і еластину, що містяться в м'язах,



Рис. 2. Результати дегустаційного дослідження натуральних напівфабрикатів за показником «консистенція»

краще гідролізуватися під дією термічної обробки з утворенням глютину і желатозу, які мають виражену вологоутримуючу здатність.

Фізико-хімічні показники якості оцінювалися за такою номенклатурою загальна волога (%), рН, зусилля різання (Н/мм). Результати визначення фізико-хімічних показників якості м'яса традиційної і модифікованої технології представлені в таблиці 2.

Аналіз отриманих даних свідчить про кращі значення для дослідних зразків за всіма показниками по відношенню до контролю.

Таблиця 2

Результати оцінки фізико-хімічних показників дослідних і контрольних зразків

Показник	Зразки напівфабрикатів	
	дослід	контроль
Загальна волога, %	76,5	77,0
рН	6,7	6,5
Зусилля різання (поперек м'язів), Н/мм	0,28	0,30

Це свідчить про позитивний вплив гідроімпульсного способу масажування, як фактора що сприяє активізації ферментативних систем і, як наслідок, збільшення швидкості перетворення основних компонентів сировини. Показник рН дослідних зразків зміщений в лужну сторону в середньому на 0,2 одиниці, що обумовлено інтенсифікацією процесів автолізу. Обробка викликає підвищену проникність біомембран, що в сукупності сприяє підвищенню активності ферментативних систем м'ясної сировини.

Висновки і пропозиції.

1. Органолептична оцінка консистенції маринованих напівфабрикатів свідчить, що дослідні зразки мали кращі показники за контроль за характеристиками: ніжність, м'якість, пружність, соковитість, пережовуванність.

2. Показник рН дослідних зразків зміщений в лужну сторону в середньому на 0,2 одиниці, що обумовлено інтенсифікацією процесів автолізу. Обробка викликає підвищену проникність біомембран, що в сукупності сприяє підвищенню активності ферментативних систем м'ясної сировини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Берник І. М. Інтенсифікація технологічних процесів обробки харчових середовищ. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2013. № 3 (71). С. 109–115.
2. Гармаш О. М. Удосконалення технології виробництва м'ясних виробів з використанням біотехнологічних прийомів : дис. ... кандидата технічних наук : 03.00.20 «Біотехнологія». Київ, 2021. 186 с.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якісь води, стічних вод : підручник / А.К. Запольський. К. : Вища шк., 2005. 671 с.
4. Кишенько І. І. Сучасні аспекти створення м'ясних виробів. *Таврійський науковий вісник*. 2001. Вип. 17. С. 87–89.
5. Компетентність смаку та технології: веб-сайт. URL: Kompetenz in Geschmack : AVO-Werke August Beisse GmbH. (дата звернення: 12.01.2022).
6. Пасічний В.М. Перспективні напрямки виробництва м'ясних та м'ясо-рослинних напівфабрикатів. *Мясное Дело*. 2009. № 8. С. 15–19.
7. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : навчальний посібник. Одеса, 2015. 321 с.
8. Dyatlovskaya Ye. Sostavlen reyting stran-myasoyedov. The rating of meat eating nations has been compiled. 2016. № 10. С. 16–24.
9. Ritcie H., Roser M. Meat and Dairy Production: article. 2019. URL: <https://ourworldindata.org/meat-production> (дата звернення: 02.09.2024).

REFERENCES:

1. Bernyk I. M. (2013) Intensification of technological processes of food processing. *Vibrations in engineering and technology*. No. 3 (71). P. 109–115.
2. Garmash O. M. (2021) Improvement of meat products production technology using biotechnological techniques. Dissertation for obtaining sciences. Art. candidate of technical sciences in the specialty 03.00.20 "Biotechnology". Kyiv, 186 p.
3. Zapolsky A.K. (2005) Water supply, drainage and some water, sewage: nearby. K. : Vyshcha Shk., 671 p.
4. Kishenko I. I. (2001) Modern aspects of the creation of meat products. *Tavriyskyi scientific bulletin*. Issue 17. P. 87–89.
5. Taste and Technology Competence: Website. URL: Kompetenz in Geschmack : AVO-Werke August Beisse GmbH. (date of application: 12.01.2022).
6. Pasichny V.M. (2022) Prospective directions of production of meat and meat-vegetable semi-finished products // *Measnoe Delo*. 2009. No. 8. P. 15–19.
7. Technology of meat and meat products: Study guide. Odessa, 2015. 321 p.
8. Dyatlovskaya Ye. (2016) Sostavlen reyting stran-myasoyedov. The rating of meat eating nations has been compiled. № 10. С. 16–24.
9. Ritcie H. & Roser M. (2019) Meat and Dairy Production: article. URL: <https://ourworldindata.org/meat-production> (date of application: 02.09.2024).

УДК 619

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.19>

ВИЗНАЧЕННЯ ГІГРОСКОПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РИБНИХ ОБ'ЄКТІВ КРІОКОНСЕРВУВАННЯ

Приліпко Т. М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-8178-207X

Косташ В. Б. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
асистент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-2182-7723

Семенов О. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-9990-2658

Підлісний В. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-4718-7787

Наведені результати вивчення гігроскопічних властивостей та термодинамічний аналіз рибних об'єктів кріоконсервування при використанні рослинних порошкових добавок. Досліджувані зразки були обрані фарші з судака і сазана, в отриманій фарші, відповідно до плану експериментальних досліджень, вносили відповідним чином підготовлений порошок білокачанної капусти, отриманий конвективною сушкою. Встановлено, що введення сухої добавки в тому чи іншому відсотковому співвідношенні призводить до зменшення вільної вологи в суміші за рахунок її часткового зв'язування експериментальної добавки. Верхня межа вмісту добавки в суміші обмежена двома показниками, з одного боку максимальною сорбційною здатністю добавки (гігроскопічна вологість), з другого боку сенсорної оцінкою, оскільки при перевищенні певного вмісту сухого компонента показники отриманого напівфабрикату можуть відрізнятися кардинально від модельного зразка. Для обґрунтування та рекомендації щодо кількості внесення порошкової капусти білокачанної у фаршеву суміш, була проведена органолептична оцінка якості готових напівфабрикатів у порівнянні з контрольним зразком. Оскільки базові характеристики для кожного класу вимог мають різні одиниці виміру, то для зручності вирішення поставлених завдань, наприклад, для уніфікації показників технології та якості готової продукції, що залежать від різних факторів, усі одиниці виміру наведені до безрозмірного виду за допомогою ентропійної оцінки показників якості, що дозволяє їх порівнювати та пов'язувати між собою, що особливо важливо при комплексному проектуванні багатокomпонентних та багатofазних харчових систем. У контексті цього дослідження достатньо розглянути сатисфакторні, передусім органолептичні вимоги до продукту харчування. З наведених даних випливає, що для раціонального проведення процесів отримання заморожених

напівфабрикатів, а також збереження їх органолептичних показників відносної зміст рослинної добавки має перебувати в інтервалі від 15 до 20% від маси сухих речовин нативного фаршу. У разі коли добавка не використовується доцільно застосовувати попереднє підсушування фаршу.

Ключові слова: органолептична оцінка, риба, фарш, структура, смак, колір, рослинна добавка.

Prylipko T. M., Kostash V. B., Semenov A. M., Pidlisnyj V. V. Determination of hygroscopic properties and thermodynamic analysis of fish objects of cryopreservation

The results of the study of hygroscopic properties and thermodynamic analysis of cryopreservation fish objects with the use of herbal powder additives are given. The studied samples were mincemeat from pike perch and carp. in accordance with the plan of experimental research, appropriately prepared white cabbage powder, obtained by convective drying, was added to the resulting minced meat. It was established that the introduction of a dry additive in one or another percentage ratio leads to a decrease in free moisture in the mixture due to its partial binding of the experimental additive. The upper limit of the content of the additive in the mixture is limited by two indicators, on the one hand, by the maximum sorption capacity of the additive (hygroscopic moisture), and on the other hand, by sensory evaluation, since when a certain content of the dry component is exceeded, the indicators of the obtained semi-finished product may differ radically from the model sample. In order to justify and recommend the amount of adding powdered white cabbage to the minced meat mixture, an organoleptic evaluation of the quality of the ready-made semi-finished products was carried out in comparison with the control sample. Since the basic characteristics for each class of requirements have different units of measurement, for the convenience of solving the tasks, for example, for the unification of indicators of technology and quality of finished products, which depend on various factors, all units of measurement are reduced to a dimensionless form using entropy evaluation of quality indicators, which allows them to be compared and connected with each other, which is especially important in the complex design of multi-component and multi-phase food systems. In the context of this study, it is enough to consider the satisfactorily, primarily organoleptic requirements for a food product. From the given data, it follows that for the rational implementation of the processes of obtaining frozen semi-finished products, as well as the preservation of their organoleptic indicators, the relative content of the vegetable additive should be in the range from 15 to 20% of the mass of dry substances of the native minced meat.

Key words: organoleptic assessment, fish, minced meat, structure, taste, color, vegetable supplement.

Постановка проблеми. Перспективи розвитку вітчизняної переробної промисловості в рибній галузі безпосередньо пов'язані з тенденцією зростання виробництва заморожених фаршових продуктів, розпочатою в 1965 р. в Японії, крім якої до провідних країн, що виробляють рибний фарш можна віднести Канаду, Ісландію, Данію, Норвегію, Англію, Польщу та Південної Африки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У традиційну вітчизняну технологічну схему виробництва фаршевих продуктів при механічному подрібненні рибної сировини, включаючи операції грубої дезінтеграції з відділенням пресепацією кісток та шкіри та подальшого подрібнення. Отримання готової продукції здійснюється на спеціалізованому устаткуванні: протирочних агрегатах, колоїдних, дзигах і куттерах. Отримання рибних фаршових продуктів з використанням пресепації застосовують і в зарубіжних країнах виробників даної продукції, внаслідок можливості утилізувати виробничих відходів при обробці риби [7, с. 39, 9, с. 17, 10, с. 312]. При цьому такий фарш має порівняно низькі технологічні характеристики, що перешкоджають його широкому використанню при виробництві формованих виробів [8, с. 14].

Відомі технології фаршових виробів базуються переважно на використанні енергоємного механічного подрібнення рибної сировини [2, с. 251, 6, с. 19]. При цьому, коли подрібнення високов'язких пластичних середовищ, зокрема, м'язової рибних тканин реалізується в позитивному температурному діапазоні, значна

частка споживаної енергії витрачається на пружнопластичне деформування та компенсування зовнішнього тертя, і лише частина її витрачається на корисну роботу освіти нової поверхні.

Відомо [3, с. 171, 6, с. 21], що з різних видів організації процесу і режимів заморожування відносний вміст летких азотистих основ у рибному м'ясі залишається незмінним, але при швидкому заморожуванні в порівняно із заморожуванням у плитковому агрегаті, формується дрібнодисперсна кристалічна крижана структура, що забезпечує велику збереження функціональних показників сировинних ресурсів. Екструдуювання рибного м'яса для виробництва рибних паличок веде до зменшення білкової розчинності та здатності утримувати вологу, але до підвищення якісних та смакових показників готової продукції.

Перспективний спосіб холодної екструзії (кріоекструдуювання), який передбачає варіювання рецептури шляхом дозованого введення у заморожений рибний фарш пластифікуючих наповнювачів, що фарбують речовин, а також пластифікацію та перемішування оброблюваного матеріалу, його пропускання через формуючу матрицю та інші необхідні операції [1, с. 191].

Значні фізико-хімічні зміни рибного фаршу спостерігаються на початку процесу зберігання (до 1 місяця). Сепарація також веде до частково, негативним в аспекті безпеки, змін хімічного складу фаршу, внаслідок відділення від шкіри підшкірного жиру, більш інтенсивно ніж при філетуванні. До того ж, у процесі сепарації частково вдається сполучна тканина [7, с. 43, 8, с. 17]. Вищезазначені явища негативно впливають на якість фаршу термін його збереження. Зазначимо, що шкіра є основним каталізатором окислення жиру, особливо підшкірного.

Консервуючий ефект при заморожуванні обумовлений тим, що при низьких температурах уповільнюються мікробіологічні та біохімічні зміни, внаслідок чого зростає до декількох місяців термін зберігання продукції. Внаслідок відведення тепла від поверхні блоку рибного фаршу над нею починається льодоутворення, тоді як глибші шари, ще не досягли кріоскопічної температури, залишаються незамороженими. Переміщення кордону льодоутворення пов'язане з утворенням концентрованого пересиченого розчину. Концентрація низькомолекулярних та дисоційованих речовин у тканинних розчинах зазвичай буває вище 0,13 (моль/л) [7, с. 41].

Постановка завдання. На основі математичної обробки та системного аналізу кривих рівноваги визначають вид та енергію зв'язку вологи з матеріалом, а також ряд термодинамічних параметрів на різних стадіях поглинання, видалення або виморожування вологи. Гігроскопічний вологовміст продукту визначає його властивість утримувати вологу і відіграє велику роль при виборі режимних параметрів сушіння та заморозки. Тому нами вивчалися гігроскопічних властивості та термодинамічний аналіз рибних об'єктів кріоконсервування при використанні рослинних порошкових добавок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Досліджувані зразки були обрані фарші з судака і сазана, для приготування яких використовувалася свіжа риба, яку розбирали на філе. Філе подрібнювали на вовчку з діаметром отвору у решітці 3,5÷4мм, і в отриманий фарш, відповідно до плану експериментальних досліджень, вносили відповідним чином підготовлений порошок білокачанної капуста, отриманий конвективною сушкою.

Рибні фарші без внесення порошку капусти білокачанної, з внесенням 10, 20 і 30% до сухих речовин і безпосередньо порошкоподібний капустяний інгредієнт з вологістю $W_{\text{зразка}} = 0.05\text{кг/кг}$ витримувалися в ексикаторі над водним розчином

сірчаної кислоти, при цьому для кожної концентрації розчинів відповідало значення відносної вологості повітря $\phi\%$ (при заданій температурі T , $^{\circ}\text{C}$ усередині ексикатора).

Наявність води в харчових продуктах грає, як вже зазначалося, роль, тобто обумовлює консистенцію і структуру продукту, а її взаємодія з присутніми компонентами визначає стійкість продукту при зберіганні у замороженому вигляді. Загальна вологість продукту вказує на кількість води в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних та мікробіологічних змін у продукті. Розрізняють прямі та непрямі методи визначення вологості. Прямими методами вміст води у продукті знаходять шляхом прямого вимірювання її кількості після попередньої відгонки. При непрямих методах вміст води в продукті можна судити по його сухому залишку після висушування, електропровідності, щільності, діелектричної постійної, коефіцієнта заломлення та ін.

Таблиця 1

Дані експериментів щодо визначення вологості досліджуваних матеріалів

Об'єкт дослідження	Вологість матеріалу, %	Відносний вміст зв'язаної води, %	Відносний вміст вільної води, %
Капуста білокачанна	89,3	41,5	47,8
Фарш із судака без добавок	75,4	28,5	46,9
Фарш із судака з додаванням 10% капусти.	72,2	31,3	40,9
Фарш із судака з додаванням 20% капусти.	69,8	33,1	36,7
Фарш із судака з додаванням 30% капусти.	67,7	34,8	32,9
Фарш із сазана без добавок	76,7	25,1	51,6
Фарш із сазана з додаванням 10% капусти.	72,5	26,6	45,9
Фарш із сазана з додаванням 20% капусти.	67,2	28,1	39,1
Фарш із сазана з додаванням 30% капусти.	64,9	29,7	35,2

У забезпеченні стійкості під час заморожування важливу роль відіграє співвідношення вільної та пов'язаної води у фаршевих продуктах. Це пояснюється тим, що пов'язана вода – це асоційована вода, що має міцний контакт із різними компонентами – білками, ліпідами та вуглеводами за рахунок хімічних та фізичних зв'язків, а вільна вода не пов'язана тепловим ефектом із сухим скелетом і більш доступна для зміни свого агрегатного стану. З отриманих даних випливає, що введення сухої добавки в тому чи іншому відсотковому співвідношенні призводить до зменшення вільної води в суміші за рахунок її часткового зв'язування експериментальної добавки. Верхня межа вмісту добавки в суміші обмежена двома показниками, з одного боку максимальною сорбційною здатністю добавки (гігроскопічна вологість), з другого боку сенсорної оцінкою, оскільки при перевищенні певного вмісту сухого компонента показники отриманого напівфабрикату можуть відрізнитися кардинально від модельного зразка.

Для обґрунтування та рекомендації щодо кількості внесення порошкової капусти білокачанної у фаршеву суміш, була проведена органолептична оцінка якості готових напівфабрикатів у порівнянні з контрольним зразком.

З теоретичної точки зору будь-які зміни показників якості в харчовій системі визначаються вимогами термодинамічного, компонентного та сатисфакторного класу [10, с. 231], домінуючим з яких є термодинамічний клас, стан якого описується рівнянням Гіббса-Гельмгольца, де вільна енергія системи складається з внутрішньої енергії та ентропійної складової. Оскільки базові характеристики

Таблиця 2

**Зведена таблиця поставлених сатисфакторних показників фаршу замороженого із судака, експертною комісією з методики [101], де:
Бср – середній бал; Е – ентропійна трансформація; І – відсоток
наближеності сатисфакторних вимог до стандарту**

	Результати експертної оцінки замороженого фаршу з рослинною добавкою залежно від її процентного вмісту в суміші								
	10%			20%			30%		
	Бср	Е	І	Бср	Е	І	Бср	Е	І
Зовнішній вигляд штрангу	3,79	4,29	93,73	4,71	4,52	98,68	4,07	4,37	95,37
Зовнішній вигляд фаршу на зрізі	3,79	4,29	93,73	4,64	4,50	98,33	4,00	4,35	94,97
Колір	3,43	4,19	91,48	4,49	97,99	97,99	4,07	4,37	95,37
Запах	3,43	4,19	91,48	4,21	4,40	96,15	4,00	,35	94,97
Консистенція	2,86	4,00	87,31	4,50	4,47	97,63	4,21	4,40	96,15
Смак після варіння	3,71	4,27	93,29	4,50	4,47	97,63	4,07	4,37	95,37

Таблиця 3

**Зведена таблиця поставлених сатисфакторних показників фаршу замороженого із сазана, експертною комісією з методики [101], де:
Бср – середній бал; Е – ентропійна трансформація; І – відсоток
наближеності сатисфакторних вимог до стандарту**

	Результати експертної оцінки замороженого фаршу з рослинною добавкою залежно від її процентного вмісту в суміші								
	10%			20%			30%		
	Бср	Е	І	Бср	Е	І	Бср	Е	І
Зовнішній вигляд штрангу	3,00	4,05	88,43	4,43	4,45	97,27	3,86	4,31	94,15
Зовнішній вигляд фаршу на зрізі	3,21	4,12	90,01	4,43	4,45	97,27	3,79	4,29	93,73
Колір	3,36	4,17	91,00	4,50	4,47	97,63	3,86	4,31	94,15
Запах	3,57	4,23	92,40	4,36	4,44	96,90	4,07	4,37	95,37
Консистенція	3,43	4,19	91,48	4,79	4,53	99,02	4,21	4,40	96,15
Смак після варіння	3,43	4,19	91,48	4,64	4,50	98,33	3,93	4,33	94,56

для кожного класу вимог мають різні одиниці виміру, то для зручності вирішення поставлених завдань, наприклад, для уніфікації показників технології та якості готової продукції, що залежать від різних факторів, усі одиниці виміру наведені до безрозмірного виду за допомогою ентропійної оцінки показників якості, що дозволяє їх порівнювати та пов'язувати між собою, що особливо важливо при комплексному проектуванні багатокomпонентних та багатofазних харчових систем. У контексті цього дослідження достатньо розглянути сатисфакторні, передусім органолептичні вимоги до продукту харчування. Вимоги даного класу пов'язані з певними очікуваннями, пов'язаними з наявністю готового продукту або напівфабрикату певних властивостей (смакових, візуальних, нюхових та ін). Необхідні властивості досягаються на основі певної технології, порушення якої може призвести до невідповідності результатів вимогам.

З наведених даних випливає, що для раціонального проведення процесів отримання морожених напівфабрикатів, а також збереження їх органолептичних показників відносний зміст рослинної добавки має перебувати в інтервалі від 15 до 20% від маси сухих речовин нативного фаршу. У разі коли добавка не використовується доцільно застосовувати попереднє підсушування фаршу.

Висновки. При використанні рослинної добавки необхідність застосування попереднього підсушування фаршу або відпадає зовсім, або знижується час і енергоємність процесу підсушування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дітріх І. В., Ільчук Н. В., Єфімович П. Є. Капуста сорту Романеско у рецептурі рибних напівфабрикатів. *Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг* : матер. VI міжн. наук.-практ. конф. Львів : видавництво «Растра-7», 2018. С. 191–194.
2. Корнейко О.А., Васюкова Г.Т., Медведовський Я.С., Коган М.Г. Вивчення можливості використання екстрактів рослинної сировини як оксидантів окиснення жиромісних продуктів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Тематичний збірник наукових праць. Донецьк : ДонДУЕТ, 1999. Випуск 3. С. 251–255.
3. Мацук Ю. А., Іщенко Н. В., Супрун Е. М., Пасічний В. М. Теоретичні та прикладні аспекти виробництва м'ясо-рибних напівфабрикатів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Житомирського*. Серія: Харчові технології. 2016. № 18. С. 171–173.
4. Приліпко Т.М., Федорів В.М., Косташ В.Б. Амінокислотний склад м'ясної сировини за тривалого холодильного зберігання. *Таврійський науковий вісник. Технічні науки. Харчові технології*. 2022. № 4. С. 82–88.
5. Пасічний В. М., Степаненко І. О., Міщук М. Ю., Макарчук М. Р., Вишнівенко С. В., Ястреба Ю. А. Удосконалення технологій м'ясо-рибних напівфабрикатів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2015. № 1. С. 116–120.
6. Prylipko T.M. Culinary and technological properties of the meat of steers fed in a diet with modern balancing additives. *Modern engineering and innovative technologies. International periodic scientific journal* (online). – October 2022. Issue Nr. 23. Part 1. Karlsruhe, Germany 2022. P. 19–25.
7. Букалова Н., Богатко Н., Лясота В., Приліпко Т. Моніторинг критичних контрольних точок під час виробництва харчових тваринних гідробіонтів та продуктів їхнього перероблення. Частина 1. *Управління якістю (спеціалізований журнал для підвищення конкурентоспроможності підприємства, за інформаційної підтримки Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів)*. Київ, № 9, вересень 2022. С. 39–46.

8. Safety of minced for sale in supermarkets (Безпека фаршу для продажу в супермаркетах) / Bogatko N., Bukalova N., Prylipko T., Lyasota V., Bogatko A., *Samoray M Scientific progress: innovations, achievements and prospects : Proceedings of the 4th International scientific and practical conference*. MDPC Publishing. Munich, Germany. 09–11 January 2023. P. 14–18.

9. Fellows P.J. Food Processing Technology – Principles and Practice. 2nd Edition. London, 2000. P. 27.

10. Fereidoon Shahidi. Maximising the Value of Marine By-Products Woodhead Publishing. 2006. 560 c.

REFERENCES:

1. Ditrikh I. V., Ilchuk N. V., Yefimovych P. Ye. (2018) Kapusta sortu Romanesko u retsepturi rybnykh napivfabrykativ. *Innovatsii v upravlinni asortymentom, yakistiu ta bezpekoiu tovariv i posluh* : mater. VI mizhn. nauk.-prakt. konf. Lviv : vydavnytstvo «Rastra-7». S. 191–194.

2. Korneiko O.A., Vasiukova H.T., Medvedovskyi Ya.S., Kohan M.H. (1999) Vyvchennia mozhlyvosti vykorystannia ekstraktiv roslynnoi syrovyny yak oksydantiv oksy-nennia zhyrovnisnykh produktiv. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv*. Tematychnyi zbirnyk naukovykh prats. Donetsk: DonDUET,. Vypusk 3. S. 251–255.

3. Matsuk Yu. A., Ishchenko N. V., Suprun E. M., Pasichnyi V. M. . (2016). Teor-etychni ta prykladni aspekty vyrobnytstva miaso-rybnykh napivfabrykativ. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoimedysyny ta biotekhnologii imeni SZ Gzhytskoho. Seriya: Kharchovi tekhnologii*. № 18. S. 171–173.

4. Prylipko T.M., Fedoriv V.M., Kostash V.B. (2022). Aminokyslotnyi sklad miasnoi syrovyny za tryvalohe kholodylnoho zberihannia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Tekh-nichni nauky. Kharchovi tekhnologii*. № 4. S. 82–88.

5. Pasichnyi V. M., Stepanenko I. O., Mishchuk M. Yu., Makarchuk M. R., Vysh-nyvenko S. V., Yastreba Yu. A. (2015). Udoskonalennia tekhnologii miaso-rybnykh-napivfabrykativ. *Tekhnologii vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnytstva*. № 1. S. 116–120.

6. Prylipko T.M. (2022). Culinary and technological properties of the meat of steers fed in a diet with modern balancing additives. *Modern engineering and innovative technologies. International periodic scientific journal* (online). October 2022. Issue Nr. 23. Part 1. Karlsruhe, Germany P. 19–25.

7. Bukalova N., Bohatko N., Liasota V., Prylipko T. (2022). Monitorynh krytych-nykh kontrolnykh tochok pid chas vyrobnytstva kharchovykh tvarynnykh hidrobiontiv ta produktiv yikhnoho pereroblennia. Chastyna 1. Upravlinnia yakistiu (spetsializov-anyi zhurnal dlia pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpriemstva, za infor-matsiinoi pidtrymky Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv). Kyiv, № 9, 2022. S. 39–46.

8. Safety of minced for sale in supermarkets (Безпека фаршу для продажу в супермаркетах) / Bogatko N., Bukalova N., Prylipko T., Lyasota V., Bogatko A. (2023). *Samoray M Scientific progress: innovations, achievements and prospects* : Pro-ceedings of the 4th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. P. 14–18.

9. Fellows P.J. (2000). Food Processing Technology – Principles and Practice. 2nd Edition. London, P. 27.

10. Fereidoon Shahidi. (2006). Maximising the Value of Marine By-Products Wood-head Publishing. 560 s.

УДК 619:614.32:637.526.076:604
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.20>

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАПІВФАБРИКАТУ ФАРШИРОВАНОЇ РИБИ З РІЗНИМИ БІЛКОВИМИ ДОБАВКАМИ

Приліпко Т. М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-8178-207X

Кузьмінська І. М. – кандидат технічних наук,
асистент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації
харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-4499-0910

Наведені результати дослідження використання в технології фаршированої риби з океанічних порід білкових продуктів молока сої і «Біовіта». Введення в рецептуру білкових продуктів сої і «Біовіта» сприяє подальшому підвищенню волоутримуючої здатності при використанні всіх досліджуваних риб. У порівнянні зі стандартною рецептурою найбільше підвищення ВУС під впливом добавок, що вводяться спостерігається в фаршевих масі з хека: при додаванні соєвого борошна – на 15%, соєвим текстуратом – на 18,6%; найменше – в зразках, приготованих з коропа, відповідно на 8,4% і 11,1%. Особливий інтерес представляє вміст незамінних амінокислот, які в результаті теплової обробки знизилися за традиційною рецептурою на 8,6%, в рецептурі з сухим знежиреним молоком на 5,0%, в зразках з соєвим борошном на 6,6%, з соєвим текстуратом – на 7,0%. Найбільші втрати незамінних амінокислот склали в традиційною рецептурою для цистину 19,5%, метіоніну – 18,4%, валіну – 11,8%, лізину, треоніну, лейцину – в межах 8%. Найменші втрати незамінних амінокислот встановлені для зразків з соєвим текстуратом. Вони не перевищували 10%. В цілому слід зазначити, що введення в рецептуру сухого молока не надає істотного впливу на вміст незамінних амінокислот; використання сухого знежиреного молока замість цільного підвищує вміст в рецептурі цистину, метіоніну – на 17%, ізолеїцину – на 12,0%, валіну – на 8,8% в порівнянні з традиційною рецептурою. Розрахунок амінокислотного складу показав кращу збалансованість амінокислот в отриманих виробках. У рибі фаршированій переважає амінокислота- валін, амінокислотне число за традиційною рецептурою – 78, в зразках з сухим молоком амінокислотне число валіна 85, з з соєвим борошном – 86, з соєвим текстуратом 87, з «Біовіта» – 88. Заслужує на увагу факт, що в зразках з додаванням «Біовіта» збалансованість амінокислот найбільш «оптимальна».

Ключові слова: риба, фарш, традиційна рецептура, амінокислота, сухе молоко, рецептура.

Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Physico-chemical and structural-mechanical indicators of the quality of the semi-finished product of stuffed fish with various protein additives

The results of the study of the use of stuffed fish from oceanic species in the technology of protein products of soy milk and "Biovita" are given. The introduction of soy protein products and "Biovita" into the formulation helps to further increase the fat-holding capacity when using all the studied fish. In comparison with the standard recipe, the greatest increase in VUS under the influence of the introduced additives is observed in mincemeat made from hake: with the addition of soy flour – by 15%, soy texture – by 18.6%; the least – in samples prepared from carp, by 8.4% and 11.1%, respectively. Of particular interest is the content of essential amino acids, which as a result of heat treatment decreased by 8.6% in the traditional recipe, in the recipe with skim milk powder by 5.0%, in samples with soy flour by 6.6%, with soy texture – by 7.0%. The greatest loss of essential amino acids in the traditional recipe was for cystine 19.5%, methionine – 18.4%, valine – 11.8%, lysine, threonine, leucine – within 8%. The smallest losses of essential amino acids were established for samples with soy texture. They did not exceed

10%. In general, it should be noted that the introduction of dry milk into the recipe does not have a significant effect on the content of essential amino acids; the use of skimmed milk powder instead of whole milk increases the content of cystine, methionine – by 17%, isoleucine – by 12.0%, valine – by 8.8% in the recipe compared to the traditional recipe. Calculation of amino acid malt showed a better balance of amino acids in the obtained products. The amino acid valine predominates in stuffed fish, the amino acid number according to the traditional recipe is 78, in samples with powdered milk the amino acid number of valine is 85, with soy flour – 86, with soy texture 87, with “Biovita” – 88. It is worth noting the fact that that in the samples with the addition of “Biovit” the balance of amino acids is the most “optimal”.

Key words: fish, minced meat, traditional recipe, amino acid, dry milk, recipe.

Постановка проблеми. У практиці роботи підприємств громадського харчування харчова цінність кулінарних виробів визначається лише їх хімічним складом. Однак відомо, що велике значення для організму людини має якість білкового компонента.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Корисність продуктів харчування визначається хімічним складом продуктів і, в першу чергу, змістом основних харчових речовин – білків, жирів, вуглеводів, мінеральних елементів і ін. [4, с. 85; 5, с. 83].

Найважливішими показниками кулінарно-технологічних властивостей продукту є втрата маси при тепловій обробці [3, с. 145]. Деякі дослідники відзначають, що ступінь зниження вмісту сирого протеїну в продукті при тепловій обробці залежить від її тривалості [1, с. 115; 2, с. 432]. При смаженні розчинні поживні речовини виділяються в меншій кількості, тому що основна маса вологи випаровується, залишаючи в продукті розчинні речовини. Разом з тим, при смаженні на поверхні продукту в результаті реакції Майяра утворюється коричнева скоринка. Харчова цінність готових страв при цьому знижується, тому що в реакції беруть участь такі амінокислоти як лізин, триптофан, метіонін, гістидин та ін. [6, с. 217].

В даний час все більшу увагу дослідників [7, с. 108; 8, с. 23] привертає вивчення можливості використання дешевих джерел білка в харчуванні. Перспективним напрямком є заміна білка в традиційних рибних виробках продуктами рослинного походження, а також збільшення тривалості їх зберігання без зміни харчової та біологічної цінності. Введення білкових добавок і рослинної сировини, що має антиоксидантні властивості, найбільш доцільно в рублені вироби, оскільки дозволяє регулювати склад і органолептичні властивості одержуваного продукту. Однак, на думку [9, с. 85] введення ізолятів і концентратів білка в традиційні продукти харчування повинно ґрунтуватися не лише на стадії технологічності процесу і органолептичних характеристиках, але виходити з наукових, фізіологічно обґрунтованих уявлень.

Постановка завдання. Тому вивчення біологічної цінності білка у напівфабрикаті риби фаршированої нами було приділено значну увагу. Першорядне значення при цьому має амінокислотний склад продуктів і особливо вміст незамінних амінокислот

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами досліджена можливість використання в технології фаршированої риби з океанічних порід білкових продуктів молока сої і «Біовіта». З цією метою були встановлені оптимальні кількості добавок, що вводяться і зниження основної рибної сировини, які склали для соєвого борошна і сухого незбираного молока 10% до маси напівфабрикату і замінили 10% риби; для соєвого текстурат і сухого незбираного молока – 8%, натомість 10% риби; для ЗХП «Біовіта» і сухого незбираного молока 13% замість 15% риби.

Об'єктом дослідження були вироби, виготовлені з декількох видів риб сімейства тріскових (хек сріблястий, минтай) і коропових (короп). Структурно-механічні властивості напівфабрикату фаршированої риби характеризувалися такими

показниками як максимальне напруження зсуву, пластична в'язкість, пластичність, ніжність, вологоутримуюча здатність і технологічний тест. Дослідження структурно-механічних властивостей фаршевих маси показало, що значення їх для різних видів риб сімейства тріскових і корошових різні. Більш низькі в порівнянні з хеком сріблястим значення граничного напруження зсуву, пластичної в'язкості і ніжності мають зразки, виготовлені з минтая і коропа, що обумовлено, мабуть, особливостями їх хімічного складу, морфологічної будови. Для цих зразків характерна більш низька вологоутримуюча здатність і значення рН.

Дослідження впливу добавок молочного, соєвого білка і «Біовіта» на структурно-механічні властивості фаршевих маси показало, що сухе незбиране молоко істотно впливає на які визначаються показники не робить. Введення в рецептуру сухого молока в більшій мірі впливає на структурно-механічні властивості фаршевих маси. Так вологоутримуюча здатність підвищується в різних зразках на 8,5–10,8%, максимальне напруження зсуву – на 15,5–21,5%, пластична в'язкість – на 8,1–11,2%, ніжність – на 19,5–27%. Значення технологічного тесту, що характеризує формувальні властивості маси, також підвищується, але значення 100% досягає лише в зразках з хека сріблястого.

Введення в рецептуру білкових продуктів сої і «Біовіта» сприяє подальшому підвищенню вологоутримуючої здатності при використанні всіх досліджуваних риб.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості
напівфабрикату фаршированої риби**

Показники	Риба		
	хек сріблястий	короп	мінтай
Вологість, %	72,18±0,12	78,7±0,13	72,5±0,18
рН	6,85±0,10	6,83±0,03	6,83±0,04
вологоутримуюча здатність, %	52,76±0,23	46,52±0,23	48,4±0,35
Ніжність, см ² / г	380±12	342±11	345±12
Гранична напруга зсуву, Па	296±11	246±8	252±9
Пластична в'язкість, Па · с	21,3±0,17	18,2±0,18	19,4±0,16
Пластичність, с-1	13,7	13,1	12,83
Технологічний тест, %	80±1,4	76±3,2	80±2,1

У порівнянні зі стандартною рецептурою найбільше підвищення ВУС під впливом добавок, що вводяться спостерігається в фаршевих масах з хека: при додаванні соєвого борошна – на 15%, соєвим текстуратом – на 18,6%; найменше – в зразках, приготованих з коропа, відповідно на 8,4% і 11,1%.

Значення ніжності, граничного напруження зсуву, пластичної в'язкості зростають при введенні в рецептуру білкових продуктів сої і ЗХП, однак ступінь впливу цих білкових продуктів неоднакова для різних риб, що обумовлено, мабуть, деякими особливостями їх хімічного складу, а також різними змінами білків, що відбуваються при заморожуванні – дефростації.

За сумою незамінних амінокислот рецептури з сухим цільним і сухим знежиреним молоком не відрізняються від традиційної рецептури. Введення в рецептуру соєвого борошна, соєвого текстурата і «Біовіта» кілька збільшує вміст незамінних амінокислот.

Амінокислоти найбільш чутливі до теплової дії і води, тому при тепловій обробці вміст амінокислот знижується. Особливий інтерес представляє вміст незамінних амінокислот, які в результаті теплової обробки знизилися за традиційною рецептурою на 8,6%, в рецептурі з сухим знежиреним молоком на 5,0%, в зразках з соєвим борошном на 6,6%, з соєвим текстуратом – на 7,0%. Найбільші втрати незамінних амінокислот склали в традиційною рецептурою для цистину 19,5%, метіоніну – 18,4%, валіну – 11,8%, лізину, треоніну, лейцину – в межах 8%. Втрати амінокислот пов'язані з реакціями дезамінування, а разом з утворенням складних комплексів білків з вуглеводами та ліпідами в процесі теплової обробка. Найменші втрати незамінних амінокислот встановлені для зразків з соєвим текстуратом. Вони не перевищували 10%. В цілому слід зазначити, що введення в рецептуру сухого молока не надає істотного впливу на вміст незамінних амінокислот; використання сухого знежиреного молока замість цільного підвищує вміст в рецептурі цистину, метіоніну – на 17%, ізолейцину – на 12,0%, валіну – на 8,8% в порівнянні з традиційною рецептурою.

Частка незамінних амінокислот в зразках з соєвим борошном підвищилася на 1,95 ... 3,44%, при цьому вміст лізину зросла на 5,12 ... 12,8%, триптофану – на 21,0 ... 23,0%, валіну – на 7,6 ... 10,9%. У зразках з соєвим текстуратом сумарний вміст незамінних амінокислот змінилося у порівнянні з стандартною рецептурою на 9%. Вміст ізолейцину збільшилася на 16%, фенілаланіну – на 13,2%, метіоніну – на 8,2%, лейцину – на 7,2%. Отримані результати узгоджуються з даними інших авторів [1, с. 13; 8, с. 27; 9, с. 92]. Збалансованість амінокислотного складу в готових виробах можна простежити по амінокислотним складу.

Таблиця 2

**Амінокислотний склад риби фаршированої з білковими продуктами
(напівфабрикат)**

Амінокислоти, г на 100 г білка	Зразки				
	Традиційна рецептура	З сухим молоком і сухими пряностями	З соєвим борошном і сухими пряностями	З соєвим текстуратом і сухими пряностями	З «Біовітом» і сухими пряностями
Аргінін	5,22±0,10	5,34±0,10	5,28±0,12	5,53±0,17	5,53±0,23
Гистидин	2,15±0,05	2,24±0,11	2,14±0,03	2,55±0,11	2,22±0,14
Лізин	7,28±0,12	7,32±0,13	7,63±0,01	7,94±0,37	7,81±0,26
Аспарагінова кислота	9,35±0,13	9,32±0,21	9,86±0,24	9,75±0,46	9,82±0,57
Треонин	4,48±0,18	4,47±0,19	4,45±0,11	4,57±0,11	4,45±0,10
Серії	4,44±0,12	4,28±0,11	4,26±0,22	4,26±0,18	4,28±0,21
Глутаминова кислота	21,25±0,18	20,63±0,09	20,74±0,17	21,21±0,73	20,87±0,19
Пролин	2,96±0,19	3,65±6,11	3,66±0,21	2,91±0,15	2,87±0,15
гліцин	4,17±0,12	4,05±0,21	4,13±0,18	4,22±0,22	4,41±0,20
Аланин	5,05±0,25	5,08±0,21	5,22±0,13	5,18±0,28	5,22±0,13
Цистин	1,07±0,13	1,13±0,15	1,12±0,09	1,09±0,03	1,00±0,14
Валін	4,43±0,16	4,53±0,25	4,51±0,13	4,63±0,21	4,74±0,12
Метіонін	3,25±0,27	3,32±0,18	3,42±0,11	3,33±0,08	3,28±0,19
Ізолейцин	4,21±0,19	4,64±0,22	4,64±0,20	4,64±0,15	4,74±0,19
Лейцин	8,04±0,08	7,96±0,27	8,12±0,14	8,26±0,41	8,56±0,21

Продовження таблиці 2

Тирозин	3,30±0,10	3,35±0,10	3,31±0,20	3,61±0,19	4,06±0,22
Фенілаланін	3,97±0,12	4,14±	4,21±0,10	4,18±0,22	4,39±0,20
Триптофан	1,07±0,07	1,13±0,11	1,14±0,15	1,17±0,03	1,12±0,09
Сума амінокислот	95,769	96,58	97,84	99,03	99,37
Амінокислоти, г на 100 г білка	41,10	41,99	42,55	43,42	44,15

Таблиця 3

**Амінокислотний склад риби фаршированої з білковими продуктами
(готові вироби)**

Амінокислоти, г на 100 г білка	Зразки				
	Традиційна рецептура	З сухим молоком і сухими прянощами	З соєвим борошном і сухими прянощами	З соєвим текстуратом і сухими прянощами	З «Біовітом» і сухими прянощами
Аргінін	4,73±0,10	5,10±0,10	5,31±0,13	5,12±0,13	5,42±0,17
Гистидин	2,14±0,09	2,10±0,08	2,25±0,09	2,30±0,10	2,20±0,16
Лізин	6,62±0,21	6,93±0,20	7,24±0,10	7,43±0,29	7,41±0,15
Аспарагінова кислота	9,84±0,03	10,11±0,23	10,40±0,27	9,71±0,10	9,82±0,22
Треонин	4,22±0,12	4,21±0,21	4,40±0,09	4,13±0,16	4,14±0,12
Серії	3,74±0,15	3,52±0,14	3,71±0,18	4,15±0,02	4,03±0,15
Глутаминова кислота	18,61±0,11	18,73±0,20	18,62±0,21	19,44±0,23	20,09±0,24
Пролин	3,46±0,13	3,82±0,22	3,82±0,19	3,25±0,18	3,03±0,15
гліцин	3,55±0,10	3,81±0,14	3,84±0,08	3,63±0,28	4,21±0,19
Аланин	4,73±0,18	4,72±0,20	4,73±0,28	4,92±0,15	4,82±0,20
Цистин	0,82±0,19	0,83±0,11	1,16±0,02	0,82±0,03	0,90±0,28
Валін	3,93±0,14	4,35±0,10	4,22±0,10	4,28±0,21	4,32±0,22
Метіонін	2,61±0,23	2,85±0,12	3,30±0,16	3,12±0,12	2,73±0,13
Ізолейцин	4,06±0,17	4,53±0,19	4,22±0,10	4,44±0,14	4,74±0,14
Лейцин	7,31±0,19	7,53±0,02	7,53±0,11	8,02±0,12	7,71±0,21
Тирозин	3,21±0,13	3,32±0,08	3,43±0,10	3,33±0,13	3,53±0,13
Фенілаланін	1,01±0,19	1,26±0,03	1,21±0,04	1,24±0,04	1,24±0,15
Триптофан	3,72±0,14	3,73±0,38	4,01±0,11	3,71±0,11	4,20±0,10
Сума амінокислот	88,31	91,45	93,40	93,04	94,54
Амінокислоти, г на 100 г білка	37,51	39,54	40,72	40,52	40,92

Висновки. Розрахунок амінокислотного складу показав кращу сбалансованість амінокислот в отриманих виробах. У рибі фаршированій переважає амінокислота-валін, амінокислотне число за традиційною рецептурою – 78, в зразках з сухим молоком амінокислотне число валіна 85, з з соєвим борошном – 86, з соєвим текстуратом 87, з «Біовіта» – 88. Заслуговує на увагу факт, що в зразках з додаванням «Біовіта» збалансованість амінокислот найбільш «оптимальна». Слід зазначити, що у всіх зразках вміст лізину залишається високим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сидоренко О. В. Формування асортименту та якості рибо-рослинних продуктів : монографія. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. 322 с.
2. Мазаракі А. А., Лебська Т. К., Сидоренко О. В., Ніколаєнко С. М., Притульська Н. В. Інноваційні технології переробки риби. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2014. 432 с.
3. Притульська Н. В., Федорова Д. В. Нові сухі концентровані продукти поліфункціонального призначення. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. 19 трав. 2016 р. : тези у 2-х ч. Харків : ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 145–146.
4. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. 2016. S.85–89.
5. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension*. Special Issue (02) 2021. p. 83–91.
6. Федорова Д. В. Фізико-хімічні і біохімічні показники якості сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. *Технічні науки та технології*. Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. № 3 (5). С. 217–233.
7. Тваринні білки ТД «Технологія Трейд». URL: <https://www.ttr.in.ua/products/nutritional-supplements/animal-proteins> (дата звернення 12.04.20)
8. Федорова Д. В., Кузьменко Ю. В. Технологічні аспекти комплексного використання бичка азівського замороженого у виробництві риборослинних напівфабрикатів. *Наук. пр. НУХТ*. Київ : НУХТ, 2015. Т. 22. № 6 (22). С. 23–29.
9. Федорова Д., Кузьменко Ю. Біологічна цінність рибо-рослинних напівфабрикатів на основі комплексного перероблення бичка азівського. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2015. № 2 (20). С. 85–97.

REFERENCES:

1. Sydorenko O. V. (2006). Formuvannia asortymentu ta yakosti rybo-roslynnykh produktiv : monohrafiia. Kyiv : Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t, 322 s.
2. Mazaraki A. A., Lebska T. K., Sydorenko O. V., Nikolaienko S. M., Prytulska N. V. (2014). Innovatsiini tekhnolohii pererobky ryby. Kyiv : Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t., 432 s.
3. Prytulska N. V., Fedorova D. V. (2016). Novi sukhi kontsentrovani produkty polifunktsionalnogo pryznachennia. *Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restoran-noho ta hotelnogo hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist : mater. Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* 19 trav. 2016 r. : tezy u 2-kh ch. Kharkiv : KhDUKht, Ch. 1. S. 145–146.
4. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016). Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September. S. 85–89.
5. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. (2021). Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension*. Special Issue (02). p. 83–91.
6. Fedorova D. V. (2016). Fyzyko-khimichni i biokhimichni pokaznyky yakosti sukhykh rybo-roslynnykh napivfabrykativ. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*. Chernihiv : Chernih. nats. tekhnol. un-t, № 3 (5). S. 217–233.

7. Tvarynni bilky TD «Tekhnolohiia Treid». URL: <https://www.ttr.in.ua/products/nutritional-supplements/animal-proteins> (data zvernennia 12.04.20)
 8. Fedorova D. V., Kuzmenko Yu. V. (2015). Tekhnolohichni aspekty kompleksnoho vykorystannia bychka azovskoho zamorozhenoho u vyrobnytstvi ryboroslynnykh napivfabrykativ. *Nauk. pr. NUKhT*. Kyiv : NUKhT, T. 22. № 6 (22). S. 23–29.
 9. Fedorova D., Kuzmenko Yu. (2015). Biolohichna tsinnist rybo-roslynnykh napivfabrykativ na osnovi kompleksnoho pereroblennia bychka azovskoho. *Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky"*. № 2 (20). S. 85–97.
-

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.21>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ ВОДОПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВИСОКОЯКІСНОЇ ВОДИ ТА ЗРАЗКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ

Резвих Н. І. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4727-512X

У статті проведено огляд теперішніх проблем, що виникають в технологіях водопідготовки питної води на централізованих спорудах очищення води.

Встановлено, що високоякісна питна вода для народонаселення має бути не шкідливою, але разом з тим для її очищення слід звести до мінімуму застосування хімічної обробки. Тому, особливу увагу, слід приділити дослідженню і удосконаленню більш безпечним біологічним методам, що сприятимуть зниженню виникнення побічних продуктів очищення води, що утворюються в процесі її очищення.

Розглянуто існуючі технологічні схеми з водопідготовки питної води, що застосовують для очищення в розвинених країнах, подано приклади сучасних технологічних схем водопідготовки. Здійснено аналіз технологічних схем очищення і описані переваги кожного із напрямів підготовки води.

Проаналізовано наукові роботи, присвячені дослідженню впливу різних технологічних прийомів для водопідготовки питної води високої якості.

Проаналізовано дослідження вчених, спрямовані на підготовку вивчення впливу методів очищення води на організм людини.

Отже, існуючі технології питного водопостачання повинні задовольняти потреби населення у якісній питній воді і намагатися знизити скупчення шкідливих для здоров'я і життя людини компонентів вихідної води, що виникають під час її оброблення. Необхідно зазначити, що технології водопідготовки високоякісної питної води розробляються враховуючи фактичні можливості виробників та якість води джерел.

Більш еживаним напрямом знезараження води у більшості технологічних схем є хлорування. Саме застосування води, що пройшла очищення процесом хлорування, для пиття людей може спричинити підвищений ризик канцерогенних захворювань і призвести до порушення продуктивних функцій. Сьогодні більшість сучасних технологій знезараження все частіше застосовують енергію ультрафіолетового випромінювання.

Отже, можна зробити висновок, про те, що вибір методу знезараження питної води залежить насамперед від якості самої природної води і технологій, що застосовують для її підготовки. Все це повинно забезпечити певний рівень біологічної стабільності води, враховуючи стан системи водорозподілу.

Тому доцільним є впровадження нових ефективних та ресурсозберігаючих технологій в сфері водопідготовки для зменшення навантаження на екологію та мінімізації кількості відходів водоочищення.

Ключові слова: питна вода, водопідготовка, фільтрування, коагуляція, знезараження.

Rezvykh N. I. Analysis of modern trends in water treatment of drinking high-quality water and samples of technological schemes

The article provides an overview of the current problems arising in water treatment technologies for drinking water at centralized water treatment facilities.

It has been established that high-quality drinking water for the public should be safe, but at the same time, the use of chemical treatment should be minimized for its purification. Therefore, special attention should be paid to the research and improvement of safer biological methods that will contribute to reducing the occurrence of by-products of water purification, which are formed in the process of its purification.

Modern technological schemes for water treatment of drinking water, used for purification in developed countries, are considered, examples of modern technological schemes of water treatment are given. The analysis of technological schemes of purification was carried out and the advantages of each of the directions of water preparation were described.

Scientific works devoted to the study of the impact of various technological methods for the preparation of high-quality drinking water have been analyzed.

The research of scientists aimed at preparing the study of the impact of water purification methods on the human body has been analyzed.

Therefore, the existing technologies of drinking water supply should meet the needs of the population for quality drinking water and try to reduce the accumulation of components of source water that are harmful to human health and life, arising during its treatment. It should be noted that water treatment technologies for high-quality drinking water are developed taking into account the actual capabilities of producers and the quality of source water.

Chlorination is the more widely used method of water disinfection in most technological schemes, and the use of chlorinated water for drinking by people can cause an increased risk of carcinogenic diseases and impaired reproductive functions. Today, most modern disinfection technologies increasingly use ultraviolet radiation energy. So, it can be concluded that the choice of drinking water disinfection method depends on the quality of natural water and the technology of its preparation, which should ensure a certain level of biological stability of water, taking into account the state of the water distribution system.

Therefore, it is advisable to introduce new efficient and resource-saving technologies in the field of water treatment to reduce the burden on the environment and minimize the amount of water treatment waste.

Key words: *drinking water, water treatment, filtration, coagulation, disinfection.*

Вступ. Експертами ВОЗ було встановлено, що високоякісна питна вода для народонаселення має бути мікробіологічно безпечною, але разом з тим для її очищення слід звести до мінімуму застосування хімічної обробки. Тому, особливо увагу, слід приділити більш безпечним біологічним методам, що сприятимуть зниженню утворення побічних продуктів очищення води. В розвинених країнах світу на першому етапі очищення води від мікробних та органічних забруднювачів застосовують метод подачі води з поверхневих джерел у поверхневі піщані насипи та дамби. Використання даного методу попереднього очищення дозволяє одержати біологічно стабільну воду, зменшує використання Сl в подальшій очистці.

Постановка проблеми. Тому, на сьогоднішній день, існуючі технології питного водопостачання повинні задовольняти потреби населення у якісній питній воді і намагатися знизити скупчення шкідливих для здоров'я і життя людини компонентів вихідної води, що виникають під час її оброблення. Необхідно зазначити, що сучасні технології водопідготовки високоякісної питної води розробляються враховуючи фактичні можливості виробників та якість води джерел.

Крайнім етапом очищення питної води від зовнішніх забрудників та мікроорганізмів у водорозподільній системі є її знезараження. Тому, всі попередні процеси очищення води є підготовчими етапами до дієвого та надійного знезараження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробляючи сучасні технології водопідготовки вчені, намагаються зменшити застосування хімічних реагентів, залучити фізичні або біологічні методи очистки води, знизити кількість вторинних продуктів, що можуть з'явитися під час знезараження. Такий науковий погляд базується на використанні принципу багатоетапної технології водопідготовки з найбільшійшими безпечними можливостями водоочищення за рахунок усіляких фільтруючих пристроїв або перегородок. Прикладом такого наукового підходу є існуюча технологія отримання високоякісної питної води у високорозвиненій індустріальній країні – Нідерландах (див. рис. 1).

Згідно з даною технологічною схемою здійснюють сталий контроль за поверхневим джерелом, і в разі встановлення надходження з нього води низької якості, до води, що надходить з поверхневого джерела починають докачувати підземну воду зі свердловини. А в разі встановлення води незадовільної якості, у технологічній схемі перестають використовувати водойму, а переходять на використання

лише води з підземного джерела. Дана схема визначає наступну систему водопідготовки води: коагуляцію з наступним розподіленням води за допомогою каналів у піщані ґрунти. Така інфільтрація може продовжуватися до 2-х місяців. Саме в цей час відбувається підвищення якості води: спостерігається руйнування нітратів, видалення мікрокількості органічних сполук та затримка фекальних бактерій та вірусів. За інфільтрацією наступним етапом очищення води є насичення киснем, фільтрування та озонування. Після дворазового озонування вода підлягає двоетапному адсорбційному очищенню, під час якого здійснюється глибоке виведення мікрокількостей органічних сполук за рахунок фізичної адсорбції та біологічного окиснення. Після адсорбційних фільтрів воду пропускають через повільні піщані фільтри, де остаточно затримуються залишки бактерій та слідові кількості органічних сполук. Подана технологічна схема є прикладом технології водопідготовки питної води високої якості без застосування С1.

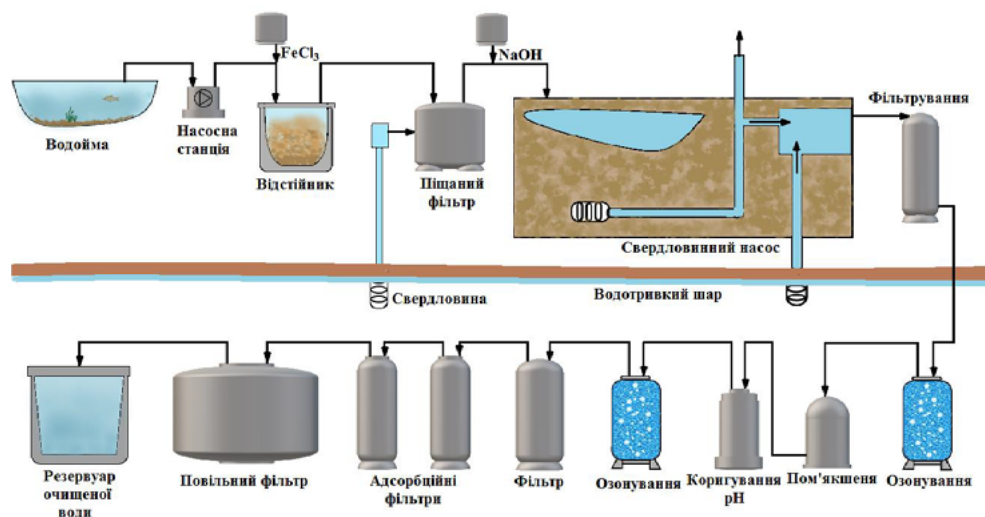


Рис. 1. Технологічна схема отримання високоякісної питної води у Нідерландах

Британські вчені запатентували технологію підготовки питної води високої якості з поверхневого джерела, що характеризується високим засміченням. Спрощену послідовну схему зображено на рис. 2. Вода, що надходить із забрудненої водойми здійснює перший етап очищення з використанням відстоювання та коагуляції.

Потім вода після резервуара накопичувача долає фільтр грубого очищення, далі вона проходить два етапи фільтрування через нагромадження різної крупності, попереду першого етапу до води дозують коагулянт та флокулянт, тобто проводиться контактна коагуляція. Надалі заплановано декілька етапів сорбції на активованому вугіллі та обеззараження води за рахунок ультрафіолетового опромінення. Крайній етап завбачає глибоке доочищення на устаткуванні зворотного осмосу та кондиціонування води за мінеральними компонентами.

У Франції широко застосовують багатоетапні цілісні технології водопідготовки питної води високої якості. Головний етап водопідготовки води зумовлює попереднє озонування, надалі поступово вода проходить етап коагуляції. Наступні

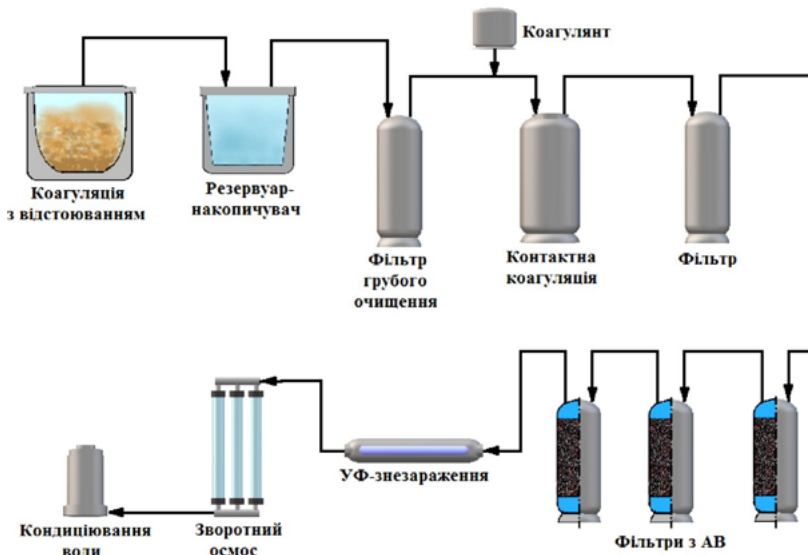


Рис. 2. Спрощена послідовна технологічна схема отримання високоякісної питної води у Британії

етапи базуються на застосування і контактної коагуляції з хлоридом заліза і проводиться на двох різних ступенях заповнення: спеціальне біологічно активне заповнення та кварцовий пісок.

Після просочення води крізь піщаний фільтру, її озонують та спрямовують на фільтр з АВ. Крайній етап очищення води – обеззараження проводять за рахунок процесу хлорування.

За загальними схемами водопідготовки питної високоякісної води спочатку воду піддають дії озону щоб зруйнувати гумінові сполуки, які непродуктивно виділяються біологічними методами, так як вже є крайніми продуктами розпаду природних органічних матеріалів. Потім вода може поступати на біофільтр або адсорбційний фільтр або ультрафіолетові мембрани для очистки від органічних сполук.

Плюс багатоетапних схем водопідготовки води високої якості, які наповнені додатково до традиційних прийомів очищення озонуванням, фільтруванням за допомогою активованого вугілля та застосовують методи прискорення процесів очистки, такі, як підвищення турбулентності під час внесення коагулянтів-флокулянтів та збільшення ефективності гідравлічного режиму на етапі освітлення, надають високу якість води порівняно з традиційними прийомами коагулювання та фільтрування.

В Японії вченими запатентовано спосіб очистки питної води за рахунок вживання поєднання озонної технології та застосування біологічно активних речовин, ще сприяло вирішенню проблеми видалення з води сильнопахнучих сполук, хлорорганічних речовин та амонійного азоту.

Дуже важливим і крайнім етапом в технологіях водопідготовки питної води високої якості залишається – знезараження.

Більш вживаним методом знезараження води у більшості технологічних схем є хлорування, саме застосування хлорованої води для пиття людей може спричинити підвищений ризик канцерогенних захворювань і порушення репродуктивних

функцій. Сьогодні більшість сучасних технологій знезараження все частіше застосовують енергію ультрафіолетового випромінювання.

Висновки. Підсумовуючи, можна сказати, що взагалі вибір методу знезараження питної води залежить від якості природної води і технології її підготовки, що повинна забезпечити певний рівень біологічної стабільності води, враховуючи стан системи водорозподілу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фізико-хімічні методи очищення води. Управління водними ресурсами / за редакцією І.М. Астреліна, Х. Ратнавіри. К. : «Ніка-Центр», 2015. 614 с.
2. Технологія води та водопідготовки харчових виробництв. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 181 «Харчові технології» / Укл.: Буяльська Н.П., Цибуля С.Д., Денисова Н.М. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 83 с.
3. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 101 с.
4. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 2. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко; І.М. Астрелін, О.В. Сангінова. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 181 с.

REFERENCES:

1. Astrelina I.M., Ratnaviry H. (2015) *Fizyko-khimichni metody ochyshchennya vody. Upravlinnya vodnymy resursamy [Physical and chemical methods of water purification. Water resources management]*. K. : "Nika Center" [in Ukrainian].
2. Buyal's'ka N.P., Tsybulya S.D., Denysova N.M. (2022) *Tekhnolohiya vody ta vodopidhotovky kharchovykh vyrobnytstv. Konspekt lektsiy dlya zdobuvachiv vyshchoyi osvity pershoho (bakalavrs'koho) rivnya spetsial'nosti 181 «Kharchovi tekhnolohiyi» [Technology of water and water treatment of food industries. Synopsis of lectures for students of higher education of the first (bachelor) level of specialty 181 "Food technologies"]*. Chernihiv : NU "Chernihiv Polytechnic"[in Ukrainian].
3. Tolstopalova N.M., Lityns'ka M.I., Obushenko T.I. (2019) *Tekhnolohiya ta obladnannya oderzhannya pytnoyi ta tekhnichnoyi vody. Praktykum. Chastyna 1. [Technology and equipment for obtaining drinking and technical water. Practicum Part 1.]* Kyiv : KPI im. Ihorya Sikors'koho – Kyiv : KPI named after Igor Sikorsky. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43520> [in Ukrainian].
4. Tolstopalova N.M., Lityns'ka M.I., Obushenko T.I.; Astrelin I.M., Sanhinova O.V. (2020) *Tekhnolohiya ta obladnannya oderzhannya pytnoyi ta tekhnichnoyi vody. Praktykum. Chastyna 2. [Technology and equipment for obtaining drinking and technical water. Practicum Part 2.]* Kyiv : KPI im. Ihorya Sikors'koho. Kyiv : KPI named after Igor Sikorsky. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43520> [in Ukrainian].

УДК 637.333:634.55
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.22>

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯКОГО СИРУ З МИГДАЛЕМ

Скульська І. В. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри технології молока і молочних продуктів
Львівського національного університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
ORCID ID: 0000-0003-4037-0279
Scopus-Author ID: 57552204300
Researcher ID: AAQ-6738-2021

Цісарик О. Й. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів
Львівського національного університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
ORCID ID: 0000-0002-0286-7463
Scopus-Author ID: 57194708385
Researcher ID: AAQ-6647-2021

Гуменецький М. М. – студент I курсу ОС «Магістр»
спеціальності 181 «Харчові технології»
Львівського національного університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Виготовлено м'який сир *Petit-suisse* із коров'ячого молока, який є високопоживним продуктом з високим вмістом молочних білків, багатий кальцієм, фосфором і жиророзчинними вітамінами, який має відмінні властивості перетравлення і засвоєння організмом людини. Це свіжий несолоний сир з гладкою текстурою. Його традиційно збагачено вершками, тому в результаті вийшов сир із жирністю близько 40%. Нашим головним завданням було вдосконалити технологію сиру *Petit-suisse* та підвищити біологічну та енергетичну цінність продукту за рахунок додавання мигдалю. Даний вид сиру виготовлений за стародавнім рецептом Ольги Франко – невістки Івана Яковича Франка, яка була знатною кулінаркою свого часу на Галичині. Для коагуляції казеїну для зразку м'якого сиру використано заквашувальний препарат прямого внесення R5F-742 (Chr. Hansen, Данія), що містить у своєму складі такі штами молочнокислих бактерій: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, а також ферментний препарат СНУ-МАХ виробництва фірми Chr.Hansen (Данія) та 40% водний розчин кальцію хлориду. Розроблено рецептури для виготовлення вершкового сиру з подрібненим мигдалем. Встановлені оптимальні пропорції між мигдалем і сирною основою. Рекомендуємо виробляти сир із сичужним ферментом, додаючи 10% до маси подрібненого мигдалю. Розроблено технологію виготовлення вершкового сиру. Комбінація вершкового сиру із подрібненим мигдалем надає йому унікальний смак і текстуру, що може привернути увагу і задовольнити потреби широкого кола споживачів з різними смаками, а також розширює ринок вершкових сирів в Україні. Додавання мигдалю збагатить сир не тільки специфічним смаком і ароматом, але й надасть йому функціональних оздоровчих властивостей. Виробництво вершкового сиру є економічно вигідним. Для пакування можна використати полістиролові коробочки або сир надавати форму кульок.

Ключові слова: м'які сири, мигдаль, титрована кислотність, органолептичні показники.

Skulska I. V., Tsisaryk O. Y., Humenetskii M. M. Development of the technology of soft cheese with almond

*Petit-suisse soft cheese is made from cow's milk, which is a highly nutritious product with a high content of milk proteins, rich in calcium, phosphorus and fat-soluble vitamins, which has excellent digestion and assimilation properties by the human body. It is a fresh unsalted cheese with a smooth texture. It is traditionally enriched with cream, so the result is cheese with a fat content of about 40%. Our main task was to improve the technology of Retit-suisse cheese and increase the biological and energy value of the product by adding almonds. This type of cheese is made according to the ancient recipe of Olga Franko, the daughter-in-law of Ivan Yakovych Franko, who was a prominent cook of her time in Halychyna. For the coagulation of casein for a sample of soft cheese, a directly applied leavening agent RSF-742 (Chr. Hansen, Denmark) was used, which contains the following strains of lactic acid bacteria: *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, as well as the CHY-MAX enzyme preparation produced by Chr.Hansen (Denmark) and a 40% aqueous solution of calcium chloride. Recipes for making cream cheese with crushed almonds have been developed. The optimal proportions between almonds and cheese base are established. We recommend making cheese with rennet by adding 10% to the mass of crushed almonds. A technology for the production of cream cheese has been developed. The combination of cream cheese with crushed almonds gives it a unique taste and texture, which can attract the attention and satisfy the needs of a wide range of consumers with maximum taste, and also expands the cream cheese market in Ukraine. The addition of almonds will enrich the cheese not only with a specific taste and aroma, but will also give it functional health-improving properties. Production of cream cheese is economically profitable. For packaging, you can use polystyrene boxes or shape the cheese into balls.*

Key words: soft cheeses, almond, titrated acidity, organoleptic indicators.

Вступ. У світі поняття здорового харчування стало невід'ємною частиною розвитку харчових технологій та ринку продуктів харчування. Люди приділяють все більше уваги правильному харчуванню і включають до свого раціону продукти, які є джерелом білка [1]. Особливе місце у харчуванні займають м'які сири, які мають високу біологічну цінність. Виробництво таких сирів має велике значення завдяки прискоренню обороту коштів по порівняно з твердими дозріваючими сирами, а також специфіку їх смакового діапазону [2]. Як потенційний резерв збільшення білкового фонду можна розглянути виробництво сирів, а саме підвищення біологічної та харчової цінності м'яких сирів. Це можна досягти шляхом збагачення сирів мигдалем [3].

Нашим головним завданням є вдосконалення технології сиру Petit-suisse та підвищення біологічної та енергетичної цінності продукту. Даний вид сиру виготовлений за стародавнім рецептом Ольги Франко – невістки Івана Яковича Франка, яка була знатною кулінаркою свого часу на Галичині.

Сир Petit-suisse високопоживний продукт з високим вмістом молочних білків (найменше 6%), багатий кальцієм, фосфором і жиророзчинними вітамінами, має відмінні властивості перетравлення і засвоєння організмом людини [4, 8]. Це свіжий несолений сир з гладкою текстурою. Його виготовляють із коров'ячого молока, збагаченого вершками [5]. Тому в результаті виходить сир із жирністю близько 40%. На завершальному етапі сир висушують у центрифугі. Petit-suisse має циліндричну форму (висота – 4 см, діаметр – 3 см). Одна порція цього сиру важить близько 30 г.

Існує два способи приготування Petit-suisse:

Перший спосіб полягає в тому, що готують м'який жирний сир, який збагачують, змішуючи з вершками [8]. При використанні другого способу, як сировину, беруть пастеризоване молоко, до якого додають вершки пропастеризовані і після цього дозрівання шляхом введення чистих культур молочнокислих бактерій. Згортання та відділення сироватки проводяться так само, як при виготовленні жирного

м'якого сиру. Незалежно від способу виробництва тісто сиру Petit-suisse має бути однорідним, досить пластичним і мазким. У таблиці 1 представлено харчову цінність сиру Petit-suisse [8].

Таблиця 1

Харчова цінність сиру Petit-suisse на 100 г.

Енергетична цінність (кДж)	586 кДж
Енергетична цінність (ккал)	143 Ккал
Жиру	9,5 г
Насичених жирних кислот	6,7 г
Вуглеводів	4,5 г
Цукру	4,5 г
Білка	9,3 г
Солі	0,08 г

Щодо використання мигдалю, то він є одним з кращих рослинних джерел високоякісного білка, що добре абсорбується, вміст якого становить 30% (стільки ж, скільки в пісному м'ясі). Якість білка визначається кількістю необхідних чи незамінних амінокислот та їх засвоюваністю. Хімічний склад мигдалю багатий різноманітними цінними елементами [2; 3; 6; 7].

Власні дослідження. Експериментальні дослідження були проведені в умовах лабораторії кафедри технології молока та молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Для коагуляції казеїну для зразку м'якого сиру № 1 використали заквашувальний препарат прямого внесення RSF-742 (Chr. Hansen, Данія), що містить у своєму складі такі штами молочнокислих бактерій: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, а також ферментний препарат СНУ-MAX виробництва фірми Chr.Hansen (Данія).

Для зсідання молока для зразку м'якого сиру № 2 використали ферментний препарат СНУ-MAX та 40% водний розчин кальцію хлориду.

Для дослідження використовували 2 зразки м'якого сиру. Для виготовлення сиру зразка 1 у дозріле пастеризоване за температури +74°C молоко вносили заквашувальний препарат, сичужний фермент та хлорид кальцію і помістили у термостат за температури +37°C для утворення згустку. Під час ферментації визначали наростання титрованої кислотності і зниження рН.

Для виготовлення зразка 2 у дозріле пастеризоване молоко за такої самої температури вносили сичужний фермент і розчин хлориду кальцію, після чого також поміщали у термостат за температури +37°C, аналізуючи під час згортання зміну титрованої і активної кислотності.

Отриманий сирний згусток двох зразків змішували з вершками з масовою часткою жиру 20%.

Для збагачення сиру та надання йому функціональних властивостей використали мигдаль, призначений для безпосереднього вживання.

Мигдаль подрібнювали у ступці до отримання ч асточок розміром 3–5 мм.

У процесі виконання роботи було застосовано різні методи досліджень, включаючи органолептичні та фізико-хімічні. Для відбору проб молока до подальших аналізів була використана методика, що відповідає ДСТУ ISO 707-2002 «Молоко

та молочні продукти. Настанови з відбирання проб». Підготовка молока до аналізів проводилася згідно з ДСТУ 4834:2007 «Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання». Масову частку жиру у молоці визначали за допомогою гравіметричного методу відповідно до ДСТУ ISO 1211:2002 «Гравіметричний метод визначення масової частки жиру» (ISO 1211:1999, IDT). Для визначення титрованої кислотності у молоці використовували потенціометричний метод згідно з ГОСТ 3624-92 «Молоко та молочні продукти. Титриметричні методи визначення кислотності, активної кислотності, рН». Вимірювання рН проводили відповідно до ДСТУ 8550:2015 «Молоко та молочні продукти. Вимірювання рН потенціометричним методом. Органолептичні показники молока визначалися відповідно до ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче». Густина молока визначали згідно з ДСТУ 6082:2009 «Молоко та молочні продукти. Методи визначання густини».

Відібране для виготовлення сиру молоко направили на визрівання. Мета визрівання – збільшення іонів кальцію, які в наступному забезпечать формування кальцієвих містків у сичужному згустку. Для визрівання молоко було витримано за температури $+12^{\circ}\text{C}$ протягом 14 годин. Під час визрівання титрована кислотність молока зросла з 18°T до 22°T . Це повинно забезпечити активне сичужне згортання і перебіг біохімічних процесів, в результаті яких сформується характерні органолептичні властивості сиру.

Після визрівання молоко піддали пастеризації за температури $+74^{\circ}\text{C}$ з витриманням 30 секунд. Вершки пастеризували за температури $+85^{\circ}\text{C}$ з витриманням 30 секунд, після чого охолоджували до температури $+6^{\circ}\text{C}$.

Виготовили два зразки сиру. Зразок 1 – сир із застосуванням кислотно-сичужної коагуляції. Відібрали 770 мл молока, охолодили його до температури $+37^{\circ}\text{C}$, внесли заквашувальний препарат прямого внесення RSF-742 у кількості 0,035 г, ферментний препарат СНУ-МАХ у кількості 0,01 г та 0,1 г хлориду кальцію у вигляді 40% водного розчину. Ретельно перемішали і помістили для утворення згустку в термостат за температури $+37^{\circ}\text{C}$.

Для зразка 2 відібрали 840 мл молока, температурою $+37^{\circ}\text{C}$, додали сичужний фермент СНУ-МАХ у кількості 0,01 г та 0,1 г хлориду кальцію у вигляді 40% водного розчину. Ретельно перемішали і також помістили в термостат за температури $+37^{\circ}\text{C}$.

Протягом ферментації визначали титровану і активну кислотність. Дані про зміну титрованої кислотності згустків наведено на рисунку 1. Як засвідчують результати, титрована кислотність більш активно наростала у зразку 1, де було використано заквашувальний препарат. Вона зросла із 22 до 110°T , тоді як у зразку 2 вона зросла до 85°T .

Результати зміни активної кислотності згустків наведено на рисунку 2. Дані вказують про подібну тенденцію з результатами титрованої кислотності, після півтори години ферментації активна кислотність знижувалась стрімкіше у зразку 1, де було використано заквашувальний препарат і сичужний фермент.

Після отримання достатньо міцних згустків і відокремлення прозорої сироватки, згустки розрізали на кубики розміром $1*1*1$ см, відкинули на чотиришарову марлю для самопресування за температури $+16^{\circ}\text{C}$. Закінчення самопресування визначили візуально, поверхня втратила блискучість. Під час самопресування сир декілька разів перевертали.

Визначили масу сиру, яка для зразку 1 становила 120 г, а для зразку 2 – 130 г, відповідно вихід сиру для зразка 1 становив 1 до 6,2, а для зразка 2 – 1 до 6,3.

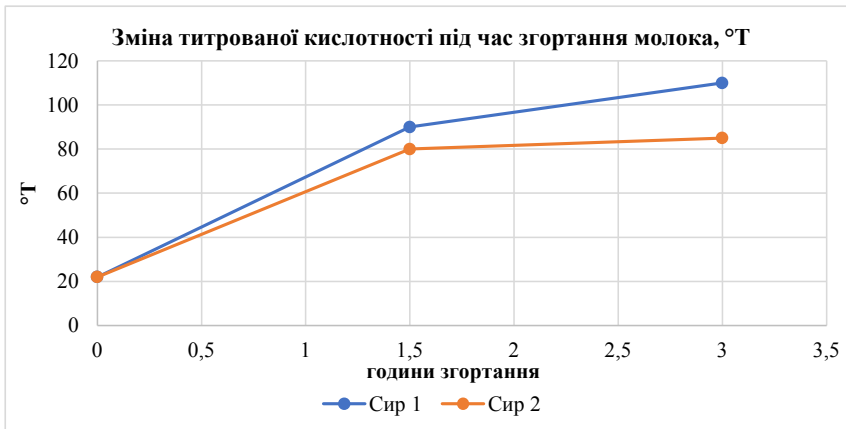


Рис. 1. Зміна титрованої кислотності згустку під час згортання молока

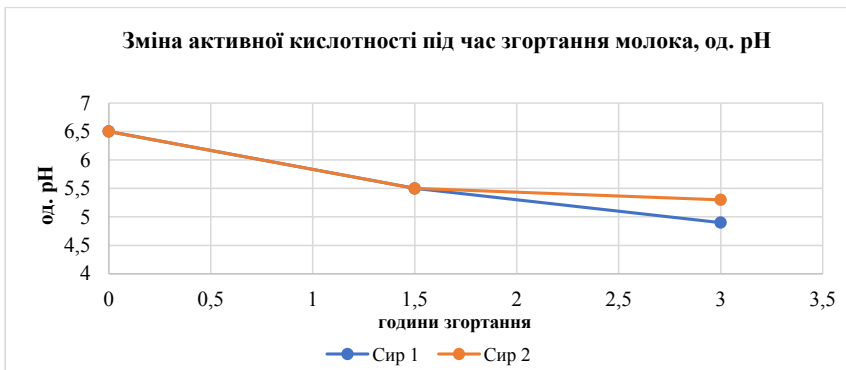


Рис. 2. Зміна активної кислотності згустку під час згортання молока

Тобто дещо більшим вихід був для зразка, де було використано кислотно-сичужну коагуляцію. У відсотковому вимірі це становить відповідно 16,2 і 15,8.

Показники	Зразок 1	Зразок 2
Кількість сироватки, мл	609	690
Масова частка жиру, %	0,3	0,3

Сир зразка 1 характеризувався чистим кисломолочний смаком і ароматом, мав досить ніжну консистенцію і кремовий колір однорідний по всій масі. Сир зразка 2 відзначався солодкуватим смаком, ароматом пастеризації, дуже ніжною консистенцією і мав також кремовий колір.

Масова частка жиру у сирі зразку 1 становила 24,0%, зразка 2 – 24,2% (рис. 3).

Витрати молока з м.ч.ж. 4,09% на 120 г сиру зразка 1 становили 750 мл, відповідно на 1 кг сиру вони будуть становити 6,25 кг молока із вказаним вмістом жиру. Витрати молока з м..ч.ж. 4,09% на 130 г сиру зразка 2 становили 820 мл, це становить 6,3 кг молока з таким самим вмістом жиру.

Ми виготовляли сир свіжий.



Рис. 3. Масова частка жиру у сирі без вершків

Для надання сиру ніжної консистенції отриманий сир змішували із вершками з масовою часткою жиру 20%. До двох зразків додали 25% вершків до маси готового продукту, ретельно розмішуючи.

Органолептичні показники сиру двох зразків наведено у таблиці 2. Як засвідчують її дані, сир зразка 2 мав солодкуватий ніжний смак на відміну від сиру зразка 1, де відчувався виразний кисломолочний смак і аромат. Консистенція обох зразків сиру була однорідна і ніжна.

Таблиця 2

Органолептичні показники сиру з вершками

Показники	Зразок 1	Зразок 2
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста зморшкувата без механічних ушкоджень, пружна, наявний відбиток марлі	Поверхня чиста зморшкувата без механічних ушкоджень, пружна, наявний відбиток марлі
Смак і аромат	Чистий кисломолочний, з вираженим вираженим присмаком і ароматом пастеризації	Чистий, солодкий, ніжний, з вираженим присмаком і ароматом пастеризації.
Консистенція	Мазка, в міру щільна	Мазка, в міру щільна
Колір	Від білого до кремового рівномірний за всією масою	Від білого до кремового рівномірний за всією масою
Вічка	Без вічок	Без вічок

Фізико-хімічні показники сиру з вершками наведено у таблиці 3. Сир зразка 2 мав дещо вищий вміст жиру, нижчу титровану кислотність і відповідно дещо вище значення рН. Масова частка сухої речовини у двох зразках сиру була однаковою. Завдяки нижчій титрованій кислотності і вищому значенню рН зразок 2 мав солодкуватий ніжний смак.

У таблиці 4 представлена балова оцінка зразків сиру. Як засвідчують її дані сир зразка 2 отримав на 6 балів вищу оцінку за рахунок більшої кількості балів за смак і аромат та консистенцію. Загалом, два зразки сиру були оцінені високою кількістю балів.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники сиру з вершками

Показники	Зразок 1	Зразок 2
Масова частка жиру, %	23,0	23,2
Масова частка жиру в сухій речовині, %	53,5	53,8
Масова частка сухої речовини, %	43,0	43,0
Титрована кислотність, °Т	130	110
Активна кислотність, од. рН	4,9	5,2

Таблиця 4

Балова оцінка зразків сиру із вершками

Показник	Максимальна кількість балів	Зразки сиру	
		1	2
Смак і запах	45	41	44
Консистенція	25	20	23
Рисунок	10	10	10
Колір сирного тіста	5	5	5
Зовнішній вигляд	10	9	9
Сума балів	95	85	91

Отриманий сир з вершками змішували з мигдалем у кількості 3, 7 і 10% до маси готового продукту. За результатами органолептичної оцінки робимо висновок, що сир зразка 2, де використовували лише сичужний фермент, із найбільшою кількістю мигдалю відзначався найкращим смаком і ароматом. Смак цього зразка сиру був солодкуватим, з вираженим смаком і ароматом мигдалю, відчувалися часточки мигдалю. Тому ми рекомендуємо виробляти сир із сичужним ферментом, додаючи 10% до маси подрібненого мигдалю. Виробництво такого сиру дозволить значно розширити асортимент м'яких сирів, а додавання мигдалю збагатить сир не тільки специфічним смаком і ароматом, але й надасть йому функціональних оздоровчих властивостей.

Для пакування можна використати полістиролові коробочки або сиру надавати форму кульок.

Висновки. Таким чином, розроблено рецептури для виготовлення вершкового сиру з подрібненим мигдалем. Встановлені оптимальні пропорції між мигдалем і сирною основою. Розроблено технологію виготовлення вершкового сиру.

Комбінація вершкового сиру із подрібненим мигдалем надає йому унікальний смак і текстуру, що може привернути увагу і задовільнити потреби широкого кола споживачів з різними смаками, а також розширює ринок вершкових сирів в Україні. Виробництво вершкового сиру є економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. All About Cheese: Soft Cheeses. <https://chefscornerstore.com/blog/all-about-cheese-soft-cheeses/>
2. Cardarelli H. R. et al. (2007) Functional petit-suisse cheese: measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*. vol. 13. no. 5–6. pp. 200–207.
3. De Souza V. R. et al. (2011) Analysis of various sweeteners in petit Suisse cheese: determination of the ideal and equivalent sweetness. *Journal of Sensory Studies*. vol. 26. no. 5. pp. 339–345.

4. Gorji N., Moeini R., Memariani Z. (2018) Almond, hazelnut and walnut, three nuts for neuroprotection in Alzheimer's disease: A neuropharmacological review of their bioactive constituents. *Pharmacol. Res.*, Mar. 129, pp. 115–127.
5. Gulati S., Misra A., Pandey R.M. (2017) Effect of Almond Supplementation on Glycemia and Cardiovascular Risk Factors in Asian Indians in North India with Type Diabetes Mellitus: A 24-Week Study. *Metab. Syndr. Relat. Disord.* Mar., 15(2). pp. 98–105.
6. Most Common Types of Soft Cheese. <https://www.homestratosphere.com/types-of-soft-cheese/>
7. Petit Suisse Recipe. <https://cheesemaking.com/products/petit-suisse-recipe>
8. Практична кухня Пті-сііс. Жерве (Petit-suisse. Gervais) // Практична кухня: забудьте і нове. <https://www.praktychnakukhnia.com/pti-siis-zherve-petit-suisse-gervais/>

REFERENCES:

1. All About Cheese: Soft Cheeses. <https://chefscornerstore.com/blog/all-about-cheese-soft-cheeses/>
 2. Cardarelli H. R. et al. (2007) Functional petit-suisse cheese: measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*. vol. 13. no. 5-6. pp. 200–207.
 3. De Souza V. R. et al. (2011) Analysis of various sweeteners in petit Suisse cheese: determination of the ideal and equivalent sweetness. *Journal of Sensory Studies*. vol. 26. no. 5. pp. 339–345.
 4. Gorji N., Moeini R., Memariani Z. (2018) Almond, hazelnut and walnut, three nuts for neuroprotection in Alzheimer's disease: A neuropharmacological review of their bioactive constituents. *Pharmacol. Res.*, Mar. 129, pp. 115–127.
 5. Gulati S., Misra A., Pandey R.M. (2017) Effect of Almond Supplementation on Glycemia and Cardiovascular Risk Factors in Asian Indians in North India with Type Diabetes Mellitus: A 24-Week Study. *Metab. Syndr. Relat. Disord.* Mar., 15(2). pp. 98–105.
 6. Most Common Types of Soft Cheese. <https://www.homestratosphere.com/types-of-soft-cheese/>
 7. Petit Suisse Recipe. <https://cheesemaking.com/products/petit-suisse-recipe>
 8. Praktychna kuchnia Petit Suisse. Zherve (Petit-suisse. Gervais) // Praktychna kuchnia: zabute i nove. <https://www.praktychnakukhnia.com/pti-siis-zherve-petit-suisse-gervais/>
-

УДК 637.144:67:613.98

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.23>

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Соломон А. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій та мікробіології
Вінницького національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-2982-302X

Ферментовані молочні продукти є основними постачальниками пробіотичних мікроорганізмів, які сприяють підтримці і відновленню мікробної екології людини. До пробіотичних культур, які забезпечують корисну дію на організм споживача і нормалізують склад та функції мікрофлори шлунково-кишкового тракту, відносяться такі види лакто- та біфідобактерій, як *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* spp. (*B. adolescentis*, *B. animalis* ssp. *lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*).

Найживанішою категорією функціонального харчування є кисломолочні продукти, які нормалізують мікрофлору кишечника та підвищують імунного статусу організму людини. Кисломолочні продукти характеризуються високою біологічною та харчовою цінностями. Це, означає високий ступінь збалансованості амінокислотного складу молочних білків, у порівнянні з так званим ідеальним харчовим білком, амінокислотний склад якого відповідає потребам організму людини. До того ж білки кисломолочних продуктів добре перетравлюються протеолітичними ферментами шлунково-кишкового тракту.

Макроорганізм та кишкова мікрофлора є відносно стабільною та збалансованою екологічною системою, рівновага якої, з одного боку, визначається фізіологічними та імунологічними особливостями макроорганізму, з іншого боку – видовим та кількісним складом мікробних асоціацій та різноманітністю їхньої біологічної активності. У нормальному фізіологічному стані взаємовідносини між макроорганізмом та мікрофлорою носять симбіотичний характер, і остання істотно впливає на загальний імунітет та природну резистентність хазяїна до інфекцій, приймає активну участь у процесах травлення, синтезу різноманітних біологічно активних речовин. У свою чергу, макроорганізм регулює склад кишкової мікрофлори завдяки таким факторам як кислотність шлункового соку, вміст жовчаних солей.

Ключові слова: ферментовані продукти, кисломолочні продукти, біфідобактерії, харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини, пробіотики.

Solomon A. N. Scientific and practical approaches to dairy products for functional purpose

Fermented dairy products are the main suppliers of probiotic microorganisms that contribute to the maintenance and restoration of human microbial ecology. Probiotic cultures that provide beneficial effects on the consumer's body and normalize the composition and functions of the microflora of the gastrointestinal tract include such types of lacto- and bifidobacteria as *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* spp. (*B. adolescentis*, *B. animalis* ssp. *lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*).

The most common category of functional nutrition is fermented milk products, which normalize the intestinal microflora and increase the immune status of the human body. Fermented milk products are characterized by high biological and nutritional values. This means a high degree of balance in the amino acid composition of milk proteins, compared to the so-called ideal food protein, the amino acid composition of which meets the needs of the human body. In addition, the proteins of fermented milk products are well digested by proteolytic enzymes of the gastrointestinal tract.

The macroorganism and intestinal microflora are a relatively stable and balanced ecological system, the balance of which, on the one hand, is determined by the physiological and immunological characteristics of the macroorganism, on the other, by the species and quantitative composition of microbial associations and the diversity of their biological activity. In a normal physiological state, the relationship between the macroorganism and the microflora is symbiotic in nature, and the latter has a significant impact on the general immunity and natural resistance of the host to infections, takes an active part in the processes of digestion and the synthesis

of various biologically active substances. In turn, the macroorganism regulates the composition of the intestinal microflora due to factors such as the acidity of gastric juice and the content of bile salts.

Key words: functional products, fermented milk products, bifidobacteria, dietary fiber, vitamins, minerals, probiotics.

Постановка проблеми. Головним аргументом на користь функціонального харчування є незадовільний стан здоров'я людей спровокований медико-соціальним становищем несприятливою екологією, стресами, значним погіршення якості складу споживаної їжі.

Біфідобактерії – одна з найбільш важливих груп мікроорганізмів кишківника, які домінують у анаеробній флорі товстої кишки.

Споживання харчових продуктів, що містять у високих концентраціях лакто- і біфідобактерій, не тільки забезпечує енергетичні та структурні потреби, а й сприятливі діє на організм людини в цілому чи на певні його системи та органи. Для виробництва ферментованих функціональних молочних продуктів з імуномодельючими властивостями можуть бути використані синбіотичні комплекси, до яких належать молочні екстракти коренів *Echinaceae purpurea* та *Echinacea pallida*, бактеріальний концентрат *Liobas*, *Liobas LACID*. Отримані ферментовані молочно-рослинні згустки можуть бути основою для виробництва ферментованих напоїв, кисломолочного та домашнього сиру, сирних виробів. Запропоновано в якості збагачувача використовувати мальтодекстрин, який отримано шляхом ферментативної обробки крохмалю. Він є не тільки вуглеводною добавкою, яка переважає в напоях спортсменів, але і виступає в якості пребіотику в деяких біологічних препаратах. Мальтодекстрин суттєво впливає на вологоутримуючу здатність згустку, на стійкість його до порушення, а також здатність до відновлення. Встановлено, що добавка мальтодекстину у кількості 5%, забезпечує високу вологоутримуючу здатність і покращує реологічні властивості кисломолочного напою. При використанні асептичного розливу і термізації тривалість зберігання таких йогуртів при 6°C зростає до 90 діб.

При використанні вівсяної муки продукти збагачуються речовинами протиатеросклеротичної дії, солями калію і магнію, що особливо корисно для людей похилого віку, а також для людей з захворюванням серцево-судинної системи, печінки, підшлункової залози.

Вівсяна мука містить велику кількість β -глюкану, який сприяє зниженню холестерину, уповільнює підвищення рівня цукру у крові після прийому їжі, забезпечує баланс цукру і інсуліну.

Рисова мука добре перетравлюється, багата крохмалем і ненасиченими жирними кислотами – олеїноюю і ліноленоюю, використовується для відновлення апетиту після важкої хвороби.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є наукове обґрунтування та розроблення кисломолочного синбіотичного напою на основі молочної і рослинної сировини, який ферментовано пробіотичними бактеріями.

Виклад основного матеріалу. Нераціональне, розбалансоване харчування розглядають як одну з передумов розладу ліпідного обміну і підвищеного вмісту холестерину, що, в свою чергу призводить до виникнення розвитку серцево-судинних захворювань.

Досліджено вплив теплової обробки на кисломолочні напої з стабілізаторами. Ступінь залежності ефективної вологи від температури майже для всіх зразків кисломолочних напоїв з стабілізаторами була на 25% вища, ніж у контрольних

зразках. Ступінь втрати ефективної в'язкості в діапазоні температур 4...18°C може слугувати критерієм для оцінки стабілізуючого ефекту добавок, які характеризують стійкість структури до теплового навантаження. Пектини, які містяться в рослинній сировині і використовуються при виробництві широкого спектру продуктів в харчовій і фармацевтичній промисловості, відносяться до полісахаридів – гідроколоїдів. Пектини володіють функціональними властивостями стабілізатора з драглетуючими властивостями, що надає харчовим продуктам специфічної консистенції. Досліджено вплив пектину на коагуляцію білків молока та фізико-хімічні показники кисломолочних продуктів, отриманих при використанні кислотного та термокислотного методів коагуляції. Встановлено, що присутність пектину суттєво впливає на процес утворення гелю та осаду у разі коагуляції білків. Підвищення температури призводить до ущільнення та зневоднення білків молока, а присутність пектину дещо нейтралізує ці процеси. Значно поширився інтерес до використання біофлавоноїдів в якості харчової добавки в продуктах лікувально-профілактичного призначення. Це можна пояснити широким спектром їх біологічної активності, насамперед вітамінної, антимікробної та антиоксидантної дії.

Для уповільнення процесу окиснення вітаміну С в харчові продукти вводять антиоксиданти. Введення антиокислювача в молочні продукти також попереджає та гальмує процес окиснення жирів молока [5].

Молоко після теплової обробки заквашували симбіотичною сумішшю чистих культур термофільної молочнокислої болгарської палички (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*) і термофільного молочнокислого стрептококу (*Streptococcus thermophilus*) у співвідношенні 1:4. В якості антиокислювача використали дигідрокверцетин, який сертифіковано як харчова добавка. Досліджено кислотоутворюючу активність використаних молочнокислих культур в процесі зберігання, життєдіяльність молочнокислих мікроорганізмів і їх морфологію. Встановлено, що додання дигідрокверцетину і аскорбінової кислоти в кількості 0,02% до маси жиру, стимулює ріст і розвиток молочнокислих бактерій.

Запропоновано технологію отримання молочно-полісахаридних концентратів з певним складом і функціональними властивостями, в основі якої використовується процес фракціонування компонентів молочної сировини полісахаридами – пектином, похідними целюлози, альгінатами, мікробними полісахаридами, що дозволяє отримати казеїновий комплекс сконцентрований у п'ять – сім разів, який не змінює свого розчинного колоїднодисперсного стану. Це рідина подібна до вершків 15–30% жирності, яка повністю розчиняється у воді і молочній сировині. Теплова обробка до 100°C не змінює його розчинності [6].

Комбінація кисломолочного продукту з полісахаридами рослинного походження стимулює ріст і активує корисну мікрофлору організму людини, посилює всмоктування кальцію. При виробництві функціональних напоїв запропоновано використовувати сироватко-полісахаридну фракцію (СПФ), яку отримують при розподіленні молока пектином. Встановлено, що СПФ сприяє збільшенню вмісту фосфоліпідів і зниженню рівня тригліцеридів, внаслідок чого зростає антиоксидантна активність крові, зменшується джерело утворення гідроперекисів, знижується кількість перекисних продуктів крові, що сприяє стабілізації клітинних мембран і підвищує стійкість організму до дії несприятливих факторів.

Перспективною сировиною для продуктів функціонального призначення визнано зернові культури та продукти їх переробки. Зародки і висівки пшениці багаті на мінеральні речовини – кальцій, фосфор, магній, залізо; вітаміни – токоферолі, тіамін, рибофлавін, піридоксин, ніацин, поліненасичені жирні кислоти.

Вуглеводи представлені у вигляді крохмалю, клітковини, геміцелюлози, лігніну, гумі та розчинних вуглеводів, до складу яких відноситься сахароза і вільні редуруючі цукри. Висівки вміщують велику кількість харчових волокон. Сполучення зернових компонентів з молочною основою значно підвищує харчову і біологічну цінність готового продукту.

При розробці кисломолочних функціональних продуктів використовували добавки з топінамбуру у вигляді порошоків подрібнених коренів топінамбуру, інуліну, фруктозо-глюкозного сиропу. Визначена оптимальна кількість добавок для йогуртів, ацидофіліну, сирної маси. Розроблені продукти мають однорідну консистенцію, приємний фруктовий присмак, кремовий колір, рН 4,1...4.6.

Таким чином, до основних шляхів розвитку молочної промисловості в теперішній час слід віднести впровадження нових технологій кисломолочних продуктів, які дають змогу гарантувати безпечність і високу якість продукції, а також підбір відповідних мікроорганізмів і рослинних інгредієнтів, що дозволить значно розширити асортимент ферментованих молочних продуктів функціональної спрямованості і задовольнити вимоги споживачів.

Виробництво структурованих продуктів, в тому числі кисломолочних десертних виробів, є одним з секторів молочної промисловості, який швидко і динамічно розвивається. Визначення стабілізуючої системи для певних молочних десертних продуктів достатньо складно, тому що необхідно приховувати комплекс різних факторів, таких як фізико-хімічні властивості сировини і готової продукції, взаємодію складових компонентів, органолептичні показники, безпечність, вартість, і зручність при використанні. Зростання попиту на молочні десертні продукти стимулює розробку і опановування нових технологій на багатьох молочних підприємствах [7].

Вітчизняні виробники молочних продуктів почали опановувати випуск нових на нашому ринку десертних продуктів з використанням стабілізаторів, які завозяться із-за кордону. Але конкуренція поступово збільшується, що спонукає до відмови від використання імпортованих стабілізуючих систем і перехід на більш дешеві вітчизняні аналоги.

Населення України відчуває гостру потребу в продуктах, збагачених БАД, вітамінами, особливо антиоксидантного ряду, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, комплексами фенольних сполук, різними наповнювачами, які мають оздоровчі та лікувально-профілактичні властивості. Створення і виробництво нових видів комбінованих кисломолочних продуктів дозволяє розширити асортимент, максимально використати всі компоненти молока, вторинну молочну сировину і різні збагачуючі компоненти рослинного походження, які сприяють підвищенню імунного статусу організму людини.

Одним з перспективних напрямків створення функціональних кисломолочних ферментованих продуктів є розробка комплексних заквасок на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп, які більш стійкі до несприятливих факторів середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками, які виготовлені з використанням чистих монокультур.

Критеріями відбору штамів лакто- і біфідобактерій для заквашувальних композицій є їх біологічна активність, тобто здатність забезпечити прогнозований функціональний вплив на організм людини, а також технологічні параметри, які дозволять отримати десертні кисломолочні продукти з певними фізико-хімічними і реологічними властивостями [8].

Вибір біологічно активних штамів лакто- та біфідокультур для виробництва молочних ферментованих десертних продуктів здійснювали з числа штамів, які

знайшли широке використання при виробництві кисломолочних функціональних продуктів. Нами проведено дослідження лактобактерій, що культивуються на кафедрі харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету, для визначення штамів, які мають найбільшу здатність зброджувати лактозу, протеолітичну активність, стійкість до кухонної солі, фенолу та антибіотиків, а також дослідження, які пов'язані з визначенням оптимальних умов культивування молочнокислих бактерій при виробництві десертних ферментованих продуктів функціонального призначення [9].

Для цього використали штам *Lactococcus lactis ssp. lactis*, який широко застосовується при виробництві кисломолочних продуктів. Культивування молочнокислих бактерій проводили на стандартному рідкому середовищі. Облік результатів досліджень проводили шляхом вимірювання оптичної щільності рідких поживних середовищ в залежності від часу культивування на фотоелектроколориметрі КФК-3 за загально прийнятою схемою.

Результати визначення оптимальних умов вирощування мікроорганізмів в залежності від рН і температури наведено у табл. 1 та табл. 2.

Таблиця 1

Залежність росту *Lactococcus lactis ssp. lactis* від рН поживного середовища

рН	Кількість клітин мікроорганізмів, КУО10 ⁷ /1 см ³
5,5	275±3,3
6,0	288±23,2
6,5	475±3,5
7,0	496±26,0
7,5	450±21,4
8,5	10±4,5

Результати свідчать, що найбільший ріст молочнокислих бактерій *Lactococcus lactis ssp. lactis* – при рН 7,0 і температурі 37...40°C, мінімальний – при рН 8,5 і температурі 50°C. Лактоза, що міститься у молоці, є основною поживною речовиною для мікроорганізмів закваски. Нами проведено скринінг молочнокислих бактерій, які оцінювали за такими показниками як здатність зброджувати лактозу, рівень кислотоутворення та протеолітична активність.

Таблиця 2

Залежність росту *Lactococcus lactis ssp. lactis* від температури

Температура, °С	Кількість клітин мікроорганізмів, КУО 10 ⁷ в 1 см ³
32	203±35,5
37	495±7,1
40	461±18,4
45	161±18,4
50	19±1,2

В якості поживного середовища використовували знежирене молоко, стерилізоване при температурі (121±2)°С з витримкою (15±5) хв. Енергію кислотоутворення визначали за накопиченням молочної кислоти методом титрування розчином луку [10].

Результати проведених досліджень найбільш поширених штамів молочнокислих бактерій за кількістю збродженої за 24 год. лактози, рівнем кислотоутворення та кількістю життєздатних клітин мікроорганізмів наведено в табл. 3.

Серед досліджених нами штамів високий рівень споживання лактози спостерігається у *Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, *S. thermophilus*, що узгоджується з літературними даними. Відомо, що найбільший лактозозброджуючий потенціал мають термофільні молочнокислі стрептококи, серед яких найвищою β-галактозидазною активністю володіє використаний нами штам *Str. thermophiles*. Фермент β-галактозидаза термофільного стрептокока найбільш активно гідролізує лактозу молока при рН 6,7. Стимулюють активність β-галактозидази катіони молока [11].

Таблиця 3

Характеристика властивостей досліджених штамів лактобактерій

Вид лактобактерій	Кількість штамів	Кількість споживаної лактози, %	Рівень кислотоутворення, °Т	Кількість життєздатних клітин у згустку
<i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>	3	17,2±4,7	157,6±2,1	8,9±0,2
<i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i>	3	15,1±6,5	100,8±4,4	8,5±0,2
<i>Lactobacillus casei</i>	3	9,4±6,3	145,7±1,3	8,6±0,2
<i>Lactobacillus plantarum</i>	3	5,9±2,6	127,2±3,2	8,1±0,2
<i>S. thermophilus</i>	3	38,0±7,3	99,8±1,4	8,3±0,2
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3	45,3±6,9	291,9±3,3	8,6±0,2
<i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>	3	40,5±7,1	305,0±5,1	8,4±0,2

При дії ферменту β-галактозидази на молочний цукор утворюються біфідогенні продукти, які підвищують активність біфідобактерій і стимулюють їх розвиток. Представлені данні свідчать, що всі досліджені штами придатні до розвитку у молоці.

Аналізуючи кислотоутворюючу здатність дослідних штамів молочнокислих бактерій, слід відзначити, що лактококи і стрептококи характеризуються високим рівнем кислотоутворення, але лактобацили *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus* перевищують інші молочнокислі бактерії за рівнем кислотоутворення. За даними фахівців, штами молочнокислих стрептококів *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* продукують переважно L(+) –молочну кислоту, яка є більш фізіологічно сприятливою для організму людини. Ацидофільні палички *Lactobacillus acidophilus* пригнічують шкідливу мікрофлору – сальмонели, стафілококи, тощо, внаслідок здатності продукувати антибіотики ацидофілія і лактоцидин, дія яких посилюється в присутності молочної кислоти [12].

Оцінку протеолізу білків зазначеними молочнокислими бактеріями визначали за приростом кількості вільних амінокислот у плазмі, після осадження білків молока 5,0% розчином трихлороцтової кислоти, відносно контролю – вмісту вільних амінокислот у стерилізованому молоці до процесу ферментації (табл. 4).

Таблиця 4

Протеолітична активність лактобактерій

Вид лактобактерій	Кількість досліджених штамів	Приріст вільних амінокислот у плазмі молока, %	
		циклічні	ациклічні
<i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>	3	15–85	17–58
<i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i>	3	1–35	(-3)–27
<i>Lactobacillus casei</i>	3	(-4)–16	98–175
<i>Lactobacillus plantarum</i>	3	45–60	101–187
<i>S. thermophilus</i>	3	(-24)–78	(-30)–115
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3	22–154	191–673
<i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>	3	98–147	180–710

Наведені в табл. 4. дані свідчать, що досліджені штами лактобактерій мають різну протеолітичну активність. За думкою фахівців, сумарна кількість вільних амінокислот, що міститься у продукті, залежить від процесів протеолітичного розщеплення білків молока, тобто вивільнення амінокислот і пептидів, та одночасного їх споживання в процесі розвитку молочнокислих культур. Найбільший приріст вільних амінокислот спостерігається при ферментації молока лактобактеріями видів *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *L. Acidophilus* [12].

Серед досліджених штамів лактобактерій присутні такі, що знижують кількість вільних амінокислот, порівняно з початковим рівнем. Такі штами мікроорганізмів для розвитку у молоці потребують додаткового внесення азотовмісних сполук або сумісного використання з іншими молочнокислими культурами, які володіють значною протеолітичною активністю, такими як *L. acidophilus* або *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*. Результати проведених нами пошуків свідчать, що всі досліджені штами молочнокислих бактерій здатні розвиватися у молоці, мають високу активність до зброджування лактози та протеолізу білків молока. Значний вплив на життєздатність лакто- та біфідокультур, які надходять з молочними ферментованими продуктами до організму людини, має травна система. Тому, поряд з визначенням кількості зродженої лактози, здатністю до кислотоутворення і протеолітичною активністю молочнокислі бактерії оцінювались нами за стійкістю до умов інгібіторів їх росту – шлункового соку, жовчі, фенолу, хлориду натрію та антибіотиків [13]. Встановлено, що всі дослідні штами лактобактерій мають стійкість до інгібіторів їх розвитку: кислого середовища, характерного для рН шлунку (рН 2,0), 40% жовчі, 0,3% розчину фенолу, 4,0% кухонної солі, пеніциліну і стрептоміцину, фагочутливість їх знаходиться на рівні 1,33%. Враховуючи відомості щодо видового складу мікрофлори шлунково-кишкового тракту людини, а також досвід з використання чистих культур при виробництві продуктів спеціального призначення [14], нами для отримання симбіотичних систем і використання їх при створенні ферментованих десертних продуктів функціонального призначення були вибрані кілька штамів біфідобактерій – *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum subsp. longum* B 379 M, *Bifidobacterium adolescentis* B-1. Проведено дослідження вказаних штамів біфідобактерій на стійкість до інгібіторів росту, а також їх технологічних властивостей за такими показниками, як активність ферментації молока, енергія кислотоутворення, активна кислотність після ферментації (рН), кількість життєздатних клітин у згустку. В роботі використали

стерилізоване знежирене молоко, яке нагрівали до температури 40°C, очищували, нагрівали до температури 65°C, гомогенізували при тиску P=15 МПа, стерилізували при температурі (121±2)°C з витримкою (15±5) хв., охолоджували до температури заквашування – (37±1)°C і вносили закваску з чистих культур біфідобактерій у кількості 5,0%, яка містить 1×10^7 КУО/см³, та проводили ферментацію при температурі (37±1)°C. Результати проведеної перевірки вибраних видів біфідобактерій на стійкість до інгібіторів росту наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Стійкість досліджених штамів біфідобактерій до інгібіторів росту

Вид біфідобактерій	pH 2 од.	Ph 9 од.	40% жовчі	0,4% фенолу	4,5% NaCl
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	+	+	+	+	+
<i>Bifidobacterium longum subsp.</i>	+	+	+	+	+
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	+	+	+	+	+

Примітка: «+» – позитивний результат, «-» – негативний результат.

Нами встановлено, що дослідні штами біфідобактерій в процесі розвитку мають стійкість до високої концентрації жовчі, фенолу, низьких та високих показників рН, а також не утворюють каталазу і сірководень, не відновлюють нітрати і нітроти, не розріджують желатину. Враховуючи, що між штамми біфідобактерій можливий синергізм, внаслідок чого при їх сумісному використанні можуть покращитися їх технологічні властивості, нами проведені дослідження з визначення можливості використання досліджених штамів біфідобактерій у консорціумі співвідношення 1:1:1 із вмістом біфідобактерій кожного штаму 1×10^4 КУО/см³. Дослідження технологічних властивостей вибраних штамів біфідобактерій та їх консорціуму проводили за такими показниками, як активність ферментації молока, енергія кислотоутворення, активна кислотність після ферментації (рН), кількість життєздатних клітин у згустку (табл. 6).

Таблиця 6

Технологічні властивості дослідних штамів біфідобактерій

Вид біфідобактерій	Активність ферментації, год.	Активна кислотність, рН	Енергія кислотоутворення за час ферментації	Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см ³
<i>B. bifidum</i>	49±3	4,8±0,2	63±4	8,1±0,2
<i>B. longum</i>	48±5	4,8±0,2	61±2	7,9±0,2
<i>B. adolescentis</i>	49±4	4,7±0,2	64±3	7,8±0,2
Консорціум	32±2	4,7±0,1	66±3	8,9±0,1

Результати експериментів показали, що всі досліджені штами біфідобактерій, а також їх консорціум, дуже повільно ферментують молоко і утворюють нещільні згустки з відокремленням сироватки. Отримані згустки мають низькі показники титрованої кислотності і рН. Це можливо пояснити тим, що при ферментації лактози, як встановлено рядом дослідників [1], біфідобактерії разом з молочною кислотою накопичують також оцтову кислоту (до 30..40%), яка має значно вищий ступінь дисоціації, що призводить до зниження активної кислотності молока.

Іони водню, які утворюються внаслідок дисоціації молочної та оцтової кислот, приєднуються до вільних карбоксильних груп кислот і кислотних груп фосфорної кислоти казеїну, придушують їх дисоціацію і тим самим знижують від'ємний заряд міцел казеїну. Під дією молочної і оцтової кислот відбувається дестабілізація міцели казеїну внаслідок відщеплення від казеїнат кальцій фосфатного комплексу і переходу у плазму фосфату кальцію та органічного кальцію, які є його структурними елементами. Фосфат кальцію під дією молочної і оцтової кислот переходить із нерозчинного стану у розчинний лактат кальцію. Таким чином отримані нами дані свідчать, що біфідобактерії здатні розвиватися в присутності лактози, накопичувати біомасу і знижувати активну кислотність молока.

Для визначення стійкості отриманого нами консорціум біфідобактерій до несприятливих умов кислотності шлунку та в залежності від тривалості зберігання готової продукції, опираючись на результати дослідів фахівців з визначення стійкості окремих видів біфідобактерій в умовах наближених до шлунку (соляна кислота рН 2,0 і рН 3,0), а також в умовах зберігання готової продукції (молочна кислота рН 3,0 і рН 4), нами проведено дослідження з визначення життєздатності клітин отриманого консорціуму біфідобактерій до аналогічних несприятливих умов, використовуючи обрану фахівцями тривалість витримки: при використанні НС1 – 5,0 годин, при використанні молочної кислоти – 24 год. В якості контролю використали стерилізоване заквашене молоко [14].

Дослідження показали, що кількість життєздатних клітин біфідобактерій консорціуму протягом 5 годин зберігання в присутності соляної кислоти поступово зменшується. Але слід відзначити, що порівняно з контролем кількість життєздатних клітин біфідобактерій консорціуму втрачається на рівні (%): протягом першої години зберігання при рН 3,0 – 0, другої – 0,6, третьої – 1,7, четвертої – 2,5, п'ятої – 5,2; при рН 2,0, відповідно [20]. Втрати життєздатних клітин біфідобактерій у консорціумі після п'яти годин зберігання при рН 2,0 майже в 2 рази більше, ніж при рН 3,0.

Висновки. Отримані результати свідчать, що створення консорціумів з окремих штамів біфідобактерій дозволяє значно покращити технологічні властивості біфідобактерій, якщо при використанні окремих культур згустки утворювались через 48...49 годин, то при використанні консорціуму біфідобактерій термін утворення згустків скоротився до 28...32 годин, а кількість життєздатних клітин підвищується у середньому в 3...4 рази, що вказує на відсутність взаємного пригнічення використаних штамів біфідобактерій консорціуму, а також на те, що використані штами біфідобактерій у консорціумі стимулюють розвиток одне одного. При цьому органолептичні показники отриманих кисломолочних згустків не змінюються.

Отже можна зробити висновок, що для розвитку чистих культур біфідобактерій необхідні біфідостимулюючі фактори, а також мікроорганізми, які здатні в процесі життєдіяльності збагатити поживне середовище доступними для них азотистими та іншими поживними речовинами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М., Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця : Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с.
2. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання : монографія. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2019. 155 с.

3. Капрельянц Л.В. Функциональные продукты питания: современное состояние и перспективы развития. *Продукты и ингредиенты*. 2004. № 1. С. 22–24.
4. Капрельянц Л.В., Иоргачова К.Г. Функціональні продукти. Одеса, 2003. 312 с.
5. Капрельянц Л.В., Шерстобитов В.В., Рекичанская Л.В. Углеводные пребиотические вещества из сои. *Зерновые продукты и комбикорма*. 2005. № 2. С. 18–20.
6. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Кисломолочні десерти збагачені біфідобактеріями. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 2 (105). С. 66–74.
7. Власенко В.В., Соломон А.М., Паулина Я.Б. Сучасний стан та перспективи виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення. *Харчова наука і технологія. Харчова наука і технол.* № 4 (9). 2009. С. 21–23.
8. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. Substantiation of the technology for fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1/11 (97). P. 6–16.
9. Соломон А.М., Бондар М.М. Fermented desserts of functional purpose using vegetables. *Аграрна наука та харчові технології : збірник наукових праць*. 2018. № 3 (102). С. 168–179.
10. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Пробиотики і їх роль у виробництві кисломолочних продуктів спеціального призначення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 3 (106). С. 56–65.
11. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Молочні десертні продукти. Вінниця, 2019. 155 с.
12. Соломон А.М. Роль біфідобактерій при виробництві функціональних продуктів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2023. Т. 25. № 99. С. 21–27.
13. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. The production of the innovative craft cheese “Anchan”. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2022. Vol. 16. P. 705–720.
14. Соломон А.М. Нові аспекти виробництва кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Т. 24. № 98. С. 50–56.

REFERENCES:

1. Bernyk I. M., Novgorodska N. V., Solomon A. M., Ovsienko S. M., Bondar M. M. (2022). Innovatsiyni tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnystv. [Innovative technologies of food production]. Monohrafiya. [Monograph]. Vinnytsia: Yu. V. Kushnir Publishing House. 300 p. [in Ukrainian].
2. Solomon A.M., Novgorodska N.V., Bondar M.M. (2019). Kyslomolochni deserty z podovzhenym terminom zberihannya. [Sour milk desserts with extended shelf life] [Monograph]. Vinnytsia: RVV VNAU, 155 p. [in Ukrainian].
3. Kapreliants L.V. (2004). Funktsyonalnye produktu pytanyia: sovremennoe sostoianye y perspektyvu razvytyia. [Functional food: current status and development prospects.]. Produktu & inhredyentu. [Products & Ingredients]. № 1. P. 22–24. [in Russian].
4. Kapreliants L.V., Iorhachova K.H. (2003). Funktsionalni produkty. [Functional products]. 312 s. [in Ukrainian].
5. Kaprelyants L.V., Sherstobitov V.V., Rekichanskaya L.V. (2005.) Uglevodnyye prebioticheskiye veshchestva iz soi. [Carbohydrate prebiotic substances from soy]. Zernovyye produkty i kombikorma. [Grain products and mixed feed]. No. 2. P. 18–20. [in Russian].
6. Solomon A.M, Polevoda Yu. A. (2019). Kyslomolochni deserty zbahacheni bifidobakteriyamy. [Sour-milk desserts enriched with bifidobacteria]. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. [Technics, energy, transport of the agro-industrial complex]. No. 2 (105). P. 66–74. [in Ukrainian].

7. Vlasenko V.V., Solomon A.M, Paulina Ya.B. (2009). Suchasnyy stan ta perspektyvy vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv funktsional'noho pryznachennya [Current state and prospects of production of functional dairy products.]. *Kharchova nauka i tekhnol. [Food science and technology].* № 4 (9). P. 21–23. [in Ukrainian].

8. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. (2019). Obgruntuvannya tekhnolohiyi pryhotuvannya kyslomolochnykh desertiv iz bifidohennymy vlastyvostyamy. [Substantiation of the technology for fermented sourmilk desserts with bifidogenic properties]. [in Ukrainian].

9. Solomon A. M., Bondar N. N. (2018). Fermented desserts of functional purpose using vegetables. [Fermented desserts of functional purpose using vegetables]. *Zbirnyk naukovykh prats' "Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi"* [Collection of scientific papers "Agricultural science and food technologies"]. No. 3 (102). P. 168–179. [in Ukrainian].

10. Solomon AM, Polevoda Yu. A. (2019). Probiotyky i yikh rol' u vyrobnytstvi kyslomolochnykh produktiv spetsial'noho pryznachennya. [Probiotics and their role in the production of fermented milk products for special purposes]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK. [Technics, energy, transport of the agro-industrial complex].* No. 3 (106). P. 56–65. [in Ukrainian].

11. Solomon A.M., Novhorodska N.V. Bondar M.M. (2019). Molochni desertni produkty. [Dairy dessert products.]. *Monohrafiya. [Monographs].* Vinnytsya. P. 155. [in Ukrainian].

12. Solomon A.M. (2023). Rolbifidobakteriy pry vyrobnytstvi funktsional'nykh produktiv. [The role of bifidobacteria in the production of functional products]. *Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Gzhyts'koho. Seriya: Kharchovi tekhnolohiyi.* [Scientific Bulletin of S.Z. Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Gzhitskyi. Series: Food technologies]. Vol. 25. No. 99. P. 21–27. [in Ukrainian].

13. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. (2022). The production of the innovative craft cheese "Anchan". [The production of the innovative craft cheese "Anchan"]. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. [Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences].* Vol. 16. P. 705–720.

14. Solomon A.M. (2022). Novi aspekty vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv z probiotechymy vlastyvostyamy. [New aspects of the production of fermented milk products with probiotic properties]. *Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Gzhyts'koho. Seriya: Sil'skohospodars'ki nauky.* [Scientific Bulletin of S.Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Series: Agricultural sciences]. Vol. 24. No. 98. P. 50–56.

УДК 543.64.664(075.8)

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.24>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ СИРОВИНИ

Стукальська Н. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6590-7170

Златєва К. В. – магістр
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0004-1728-3980

Дослідження в галузі охорони здоров'я свідчать про високий рівень захворювань, обумовлений незбалансованістю та нерегулярністю приймання їжі населенням. Останні роки більшість людей почали активно цікавитися нормами харчування. В умовах зростаючого інтересу до здорового харчування більш глибоке вивчення практики харчування набуває особливої важливості, оскільки харчові норми, традиції і звички є невід'ємною частиною повсякденного життя.

Також серед населення України зростає кількість людей з глютенозалежними захворюваннями та зростає популяризація вегетаріанства у світі та Україні, разом з тим їх потреба в безглютенових борошняних кондитерських виробках забезпечує закордонними виробниками.

Розроблення продуктів вегецентричного спрямування власного виробництва є актуальним та своєчасним питанням. Тому актуальною проблемою є розроблення вітчизняних технологій аґліадинових борошняних кондитерських виробів та забезпечення їх високої якості.

На основі аналізу літературних джерел, присвячених теоретичним та практичним підходам до удосконалення технології безглютенових борошняних кондитерських виробів встановлено, що з метою підвищення харчової цінності актуальним є використання альтернативної сировини з багатим хімічним складом.

Встановлено, що перспективною сировиною для виготовлення безглютенових виробів є борошно: зеленої гречки, кукурудзяне, рисове, оскільки сировина має цінний хімічний склад за вмістом мікро- та макроелементів, містить білок зі збалансованим амінокислотним складом, засвоюваність, якого складає 95...99%, а також володіє привабливими органолептичними показниками.

Проаналізовано вуглеводний склад в результаті, якого визначено, що аґлютенінова сировина характеризується низьким вмістом моно-дисахаридів (0,6–0,7%) та високою кількістю крохмалю (72–85%), який має незначні розміри гранул (3–8 мкм) та високий вміст амілази.

Ключові слова: дослідження, безглютенова сировина, «чізкейк», борошно.

Stukalska N. M., Zlatieva K. V. Study of functional and technologican properties of gluten-free raw materials

Research in the field of health care indicates a high level of diseases caused by the imbalance and irregularity of the population's food intake. In recent years, most people have become actively interested in nutrition standards. In the conditions of growing interest in healthy eating, a deeper study of eating practices becomes especially important, since food norms, traditions and habits are an integral part of everyday life.

Also, among the population of Ukraine, the number of people with gluten-dependent diseases is increasing and the popularization of vegetarianism is increasing in the world and in Ukraine, at the same time, their need for gluten-free flour confectionery products is provided by foreign manufacturers.

The development of vegecentric products of our own production is an actual and timely issue. Therefore, an urgent problem is the development of domestic technologies for agliadin flour confectionery products and ensuring their high quality. Based on the analysis of literary sources

devoted to theoretical and practical approaches to improving the technology of gluten-free flour confectionery products, it was established that in order to increase the nutritional value, it is relevant to use alternative raw materials with a rich chemical composition.

It is established that a promising raw material for the production of gluten-free products is flour: green buckwheat, corn, rice, since the raw material has a valuable chemical composition in the content of micro- and macro-elements, contains protein with a balanced amino acid composition, digestibility, which is 95... 99%, and also has attractive organoleptic indicators.

The carbohydrate composition was analyzed as a result of which it was determined that the agglutene raw material is characterized by a low content of mono-disaccharides (0.6–0.7%) and a high amount of starch (72–85%), which has small granule sizes (3–8 μm) and a high amylase content.

Key words: *research, gluten-free raw materials, “cheesecake”, flour.*

Постановка проблеми. Харчування переважної частини населення незбалансоване, неповноцінне і нерегулярне. Дослідження в галузі охорони здоров'я свідчать про високий рівень захворювань, обумовлений нездоровим харчуванням.

В умовах зростаючого інтересу до здорового харчування більш глибоке вивчення практики харчування набуває особливої важливості, оскільки харчові норми, традиції і звички є невід'ємною частиною повсякденного життя.

В цьому зв'язку термін «належний прийом їжі» представляється відповідним дослідницьким інструментом для розуміння того, як формується ставлення до здорового харчування.

В Україні дана область недостатньо вивчена. У наявності неолік інформації про те, як люди вирішують питання правильного / здорового харчування на практиці і як вони пояснюють своє ставлення до нього.

В даний час більшість досліджень носить кількісний характер і присвячене вивченню загальних тенденцій в сфері ставлення до здоров'я / харчування або вирішення маркетингових завдань.

З урахуванням того, що мода на красу і здоров'я в нашій країні досить нова, це означає, що ринок еко-компаній як і раніше перспективний. Тому розроблення продуктів вегетаріанського спрямування є актуальним та своєчасним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковому світі тема безглютенових харчових продуктів активно вивчається такими зарубіжними та вітчизняними вченими, як: Накуаша Ф., Ганіб А., Ганія А., Масоодія Ф. А., Дорохович В. В., Лазоренко Н. П. та інші.

Науковці Накуаша Ф., Ганіб А., Ганія А. та Масоодія Ф. А. вивчають залежність технології приготування від сировинного набору та методи покращення органолептичних показників пісочних безглютенових виробів.

Аналіз літературних джерел свідчить, що останнім в Україні технології виготовлення продуктів харчування для хворих на целиацію не мають активного розвитку. Така ситуація складається через мінімальний асортимент аглютенної сировини в нашому регіоні. А значить, необхідно вивчати нетрадиційну доступну для України сировину, яка може стати основою для виготовлення аглютенної продукції.

У зв'язку з цим розроблення нових рецептур кондитерських виробів на основі аглютенного борошна та розширення асортименту безглютенової продукції для групи населення, що хворі на целиацію – одна з головних задач на сьогодні, а вдало підібрана та замінена сировина тваринного походження на рослинну може розширити коло споживачів до окремих груп вегетаріанців – ововегетаріанців.

Метою роботи є дослідження впливу нетрадиційної сировини й рослинних добавок на споживні властивості і біологічну цінність борошняного кондитерського виробу «Чізкейк». Відповідно до визначеної мети були сформульовані наступні завдання:

– на основі аналізу інформаційних джерел й патентного пошуку виділити наукові напрямки поліпшення споживних властивостей сучасного пісочного напівфабрикату та виробу на його основі;

– науково обґрунтувати можливість застосування борошна, що не містить глютену, у рецептурах пісочного напівфабрикату та виробу на його основі «Чізкейку» та знайти альтернативу тваринній сировині на рослинній основі;

– розробити рецептури та технології виробництва пісочного напівфабрикату та «Чізкейку» на його основі і провести оцінку якості та безпечності страв із альтернативної сировини;

– розробити рецептури і дати товарознавчу оцінку виробам;

– надати комплексну товарознавчу оцінку якості, дослідити харчову і біологічну цінність нових видів продукції;

– на основі товарознавчих досліджень встановити стійкість і гарантійний термін зберігання розроблених виробів.

Виклад основного матеріалу. За матеріалами літературного огляду і результатами проведених досліджень можна сказати, що кукурудзяне, рисове, борошно зеленої гречки за фізико-хімічним складом і харчовою цінністю не поступається, а за деякими показниками перевершує борошно пшеничне вищого сорту, отримане зі злакових культур. Багато в чому завдяки тому, що кукурудзяне, рисове, борошно зеленої гречки є “glutenfree”, а також білки рисового борошна за амінокислотним складом є більш повноцінними, ніж білки пшеничного борошна.

У даній роботі їх використовували для розширення асортименту борошняних кондитерських виробів для хворих на целиацію і людей, які дотримуються дієтичного харчування.

Основними показниками якості аглютененового борошна є вологість та кислотності.

Підвищена вологість борошна призводить до активізації його мікрофлори й активації власних ферментів, що містяться в борошні, якщо вологість борошна буде високою, то ферменти переходять в активний стан, і в борошні запускаються процеси окислення та гідролізного розкладання жирів, білків та інших сполук.

Дослідження щодо вологості кукурудзяного, рисового, борошна зеленої гречки представлені на рисунку 1.

Згідно з даними рисунку 1, вологість досліджуваних видів сировини нижча за контрольний зразок, що призводить до пригнічення росту мікроорганізмів і деактивації ферментів аглютененової сировини, за рахунок позитивних умов зберігання.

Доведено, що за низької вологості сировини, збільшується водопоглинальна здатність.

Кислотність альтернативної сировини дає змогу визначити свіжість (терміни його зберігання). Відомо, що сировина з підвищеною кислотністю може призвести до збільшення кислотності готових виробів, що призведе до швидшого псування виробів.

Результати досліджень кислотності безглютенової сировини наведені на рисунку 2.

Вироби з борошна з підвищеною кислотністю виходять зі зниженим питомим об'ємом. Як можна побачити з даних рисунку 2, показник кислотності в запропонованих виробках менший, а ніж в контрольному зразку. Даний фактор позитивно вплине на органолептичні властивості, подовжить термін придатності пісочного напівфабрикату (основи виробу).

Дослідження функціонально-технологічних властивостей аглютененового борошна (водопоглинальна, жирутримуюча, емульгуюча здатності) є важливим для розробки рецептур, вибору технологічних режимів виробництва.

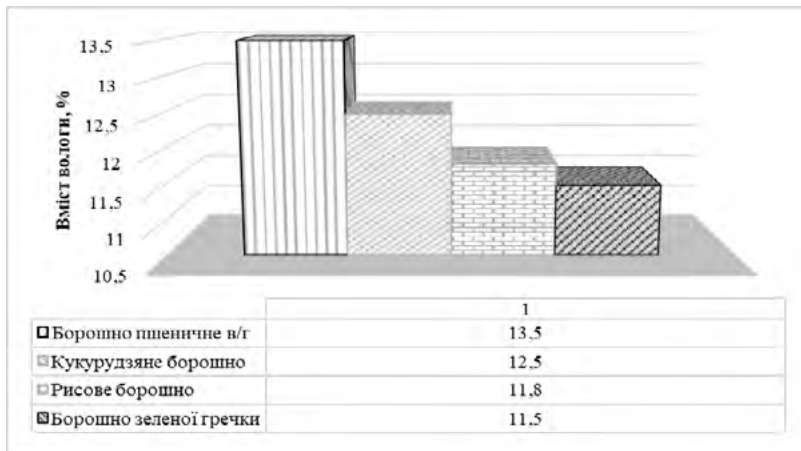


Рис. 1. Вологість досліджувальних зразків

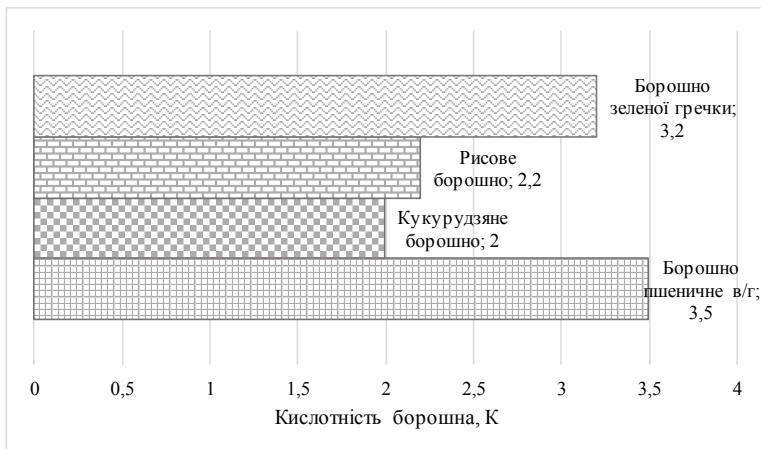


Рис. 2. Кислотність борошна, °К

Відомо, що суттєвий вплив на процес тістоутворення та формування структури борошняних кондитерських виробів має ступінь подрібнення зерна. Від дисперсності борошна залежить швидкість набухання частинок, ВПЗ та структурно-механічні властивості цільового продукту [6].

Тобто спочатку необхідно визначити гранулометричний склад борошна аглютенного (кукурудзяного, рисового, борошна зеленої гречки) порівняно з борошном пшеничним вищого сорту.

Дисперсність аглютенного борошна визначили стандартним методом за допомогою 3 сит з використанням розміром отворів, мкм: 800, 750, 560, 190–240, 142, 40–50. Результати досліджень наведені у вигляді диференціальної функції розподілу часток (рис. 3).

Експериментальні дані свідчать, що дослідні зразки є дрібнодисперсними зі схожим гранулометричним складом (табл. 1).

Таблиця 1

Гранулометричний склад аглютененового борошна та пшеничного борошна

Вид борошна	Залишок на ситі, %						Прохід крізь сито № 61%	Однорідність часток, од.приладу
	№ 25	№ 27	№ 33/36	№ 41/43	№ 49/52	№ 61		
	Розмір отворів, мкм							
	294	264	220	160	132	114		
Борошно пшеничне вищого сорту	-	-	0,9	5,7	17,4	19,7	56,3	0,52
Борошно кукурудзяне	5,2	5	7,2	12	38,46	33,3	46,26	0,63
Борошно рисове	13,7	3,1	6,8	18,9	14,1	13,5	29,9	0,66
Борошно зеленої гречки	3	9	32,5	30	54	15,2	34,8	0,59

Середній діаметр часток кукурудзяного борошна виробників ТОВ «Органік Еко-продукт» та борошно зеленої гречки ТОВ «Органік Еко-продукт» істотно не відрізняється і складає 34,8...46,26 мкм, що незначно більше означеного показника для пшеничного борошна – 56,3 мкм.

Таким чином, найбільш дрібною за кількістю крупних фракцій є борошно рисове ТОВ «Органік Еко-продукт». За показником однорідності часток високим ступенем дисперсності характеризується рисове борошно ТОВ «Органік Еко-продукт» (коефіцієнт однорідності 0,66).

Отримані результати (рис. 3) свідчать, що найбільшу питому вагу в борошні є борошно рисове мають частки розміром 50–100 та 100–150 мкм, у незначній кількості також присутні частки розміром 150–200 мкм.

Рисове борошно характеризується відносною однорідністю за розміром часток (101,97–108,68 мкм), високим ступенем дисперсності.

Дослідивши гранулометричний склад було досліджено технологічні властивості сировини.

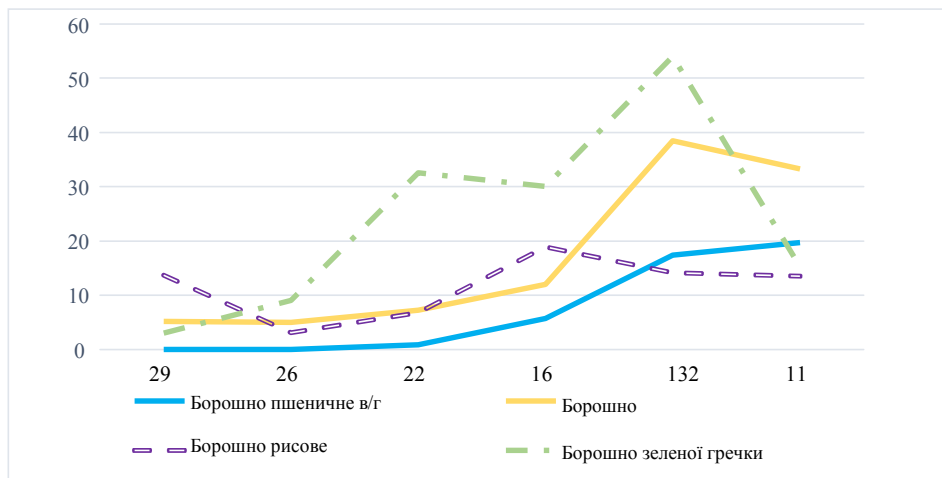


Рис. 3. Калібрувальний графік кількості часток різних розмірів борошна

Інтенсивність набухання біополімерів борошна під час його замішування з утворенням тіста і як наслідок формування його властивостей та зміна при зберіганні виробів визначають такими властивостями як волого-жировз'язуюча та водопоглинальна здатність.

Показник водопоглинальної здатності (ВПЗ) залежить від вмісту полімерів здатних до набухання – білків, крохмалю, клітковини, а також їх стану адсорбувати вологу. Зазвичай даний показник визначають за допомогою фаринографу, проте в даній сировині не міститься глютену, тому дана методика не є доцільною. ВПЗ визначали, як коефіцієнт. Результати досліджень наведені графічно.

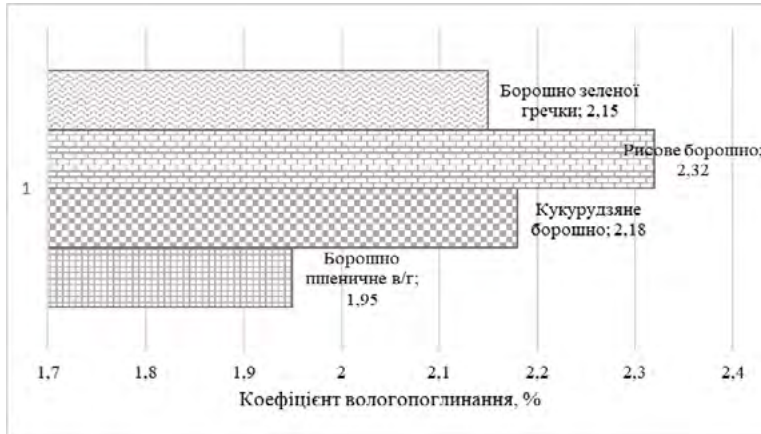


Рис. 4. Водопоглинальна здатність борошна

Біополімери пшеничного та безглютенового борошна при взаємодії з водою проявляють себе по-різному, що багато в чому залежить від структури та фракційного складу сировини. В пшеничному борошні фракцію водопоглинання виконують в основному білкові (гліadini і глютенін) та крохмаль.

З діаграми 4 встановлено, що безглютенове борошно мають на 12,8–18,9% більшу ВПЗ, так як розмір крохмальних зерен в даній сировині складає 3...8 мкм, які у 4 рази менші за пшеничні, внаслідок чого збільшується поверхня контакту з водою та більшою дисперсністю.

На рівні ВПЗ важливою технологічною властивістю є вологоутримуюча здатність (ВУЗ), яка характеризується стійкістю вологи за технологічного оброблення (перемішування, випікання).

Вологоутримувач – це здатність зв'язувати вологу, що не піддається видаленню центрифугування.

Відомо, що під час вироблення борошняних кондитерських виробів одним із важливих показників, що характеризують хлібопекарські властивості, є водопоглинальні властивості борошна, які впливають на вихід готового виробу. Частина вуглеводів кукурудзяного, рисового, борошна зеленої гречки представлена розчинними у воді полісахаридами пентозанами, які є водозв'язуючими агентами, характерною особливістю яких є їхня здатність легко пептизуватися у воді з утворенням в'язких гелів.

Безглютенове борошно, порівняно з пшеничним вищого гатунку, містить більшу кількість оболонки, здатних добре поглинати воду.

Відомо, що залежно від хімічного складу борошняна сировина може відрізнятися за водопоглинальною здатністю.

Так, у пшеничного борошна водопоглинальна здатність збільшується, тому що нижчі сорти борошна містять більше висівкових частинок і пентозанів, які добре поглинають воду.

Запропоноване борошно значно відрізняються від пшеничного за хімічним складом. У зв'язку з цим у роботі було проведено порівняльну характеристику кукурудзяного, рисового та борошна зеленої гречки, як контроль було досліджено водопоглинальну здатність пшеничного борошна вищого гатунку. Отримані дані показують, що ВУЗ пшеничного борошна дорівнює 145%, кукурудзяного борошна – 240%, рисового борошна – 210% та борошна зеленої гречки – 357%.

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що ВУЗ досліджуваної сировини змінюється в залежності від вмісту в них полісахаридів, зокрема крохмалю та харчових волокон. Визначено, що ВУЗ борошна зеленої гречки вищий у 2,5% порівняно з борошном пшеничним вищого сорту, тоді, як показник борошна рисового складає 210%, що на 35% вищий ніж у борошні пшеничному вищого сорту.

Вищий показник ВУЗ борошна зеленої гречки пояснюються, ще тим що білкові речовини гречаної крупи представлені в основному водорозчинними білками (альбумінами) – 58% від загальної кількості білків. Під час приготування тіста вони здатні переходити у колоїдний розчин і надавати тісту липкості. У білку кукурудзи та рисі найбільшу частину становлять проламіни (зеїн) – 42% на СР білків, глютеліни – 21,3% [6].

Основою для «Чізкейку» являє собою пісочна основа, в залежності від традиційної технології для виготовлення пісочного напівфабрикату необхідно велика кількість жирних компонентів.

Тому виникла необхідність досліджування жирозв'язуючої здатності (ЖЗЗ, %) аглютенної сировини. Борошно пшеничне в/г має ЖЗЗ 0,95%, кукурудзяне борошно – 1,25%, ЖЗЗ рисового борошна складає 1,45% та ЖЗЗ борошна зеленої гречки дорівнює 1,3%.

Результати досліджень показали, що ЖЗЗ рисового борошна вище на 25% порівняно з пшеничним борошном вищого сорту, як відомо з літературних даних, переважаючим фактором на формування ЖЗЗ сировини є наявність гідрофобних груп, що вступають у взаємодію з ліпідами з утворенням ліпопротеїдів за рахунок не ковалентних зв'язків.

Проте, дослідження хімічного складу сировини показало, що сировина характеризується значно меншим вмістом білкових речовин, які мають фракційний склад відмінний від пшеничного борошна, тому кращу ЖЗЗ у порівнянні з контрольною сировиною можна пояснити більшою дисперсністю запропонованої сировини. В свою чергу борошно рисове має найвищий показник, оскільки в його складі значна кількість харчових волокон, які забезпечують стабільність як вологи так і жиру.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що фізико-хімічні характеристики аглютенної сировини: борошно кукурудзяне, рисове та зеленої гречки (вологоутримуюча здатність борошна – 210, 240, 357%, жирозв'язувальна здатність – 1,25, 1,45, 1,3% та коефіцієнт водопоглинання – 2,18, 2,32, 2,15%) більш прийнятні для утворення пісочного тіста ніж пшеничне борошно, що дозволяє виробляти пісочні вироби кращої якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. María C Mena, Lombardía M., Hernando A., Méndez E., Albar Juan P. (2011) Comprehensive analysis of gluten in processed foods using a new extraction method and a competitive ELISA based on the R5 antibody. *J. Talanta*. 12.073. Epub 2012 Jan 18.
2. Hlaváč P. Božiková M. (2013) Effect of Temperature and Used Ingredients on Rheological Parameters of Pancake Dough. *Acta technologica agriculturae 3 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae*. p. 63–66
3. Perez-Gregorio M. R. et al. (2017) Chromatographic and mass spectrometry analysis of wheat flour prolamins, the causative compounds of celiac disease. *Food & function*. 8. 2712–2721. DOI: <https://doi.org/10.1039/C7FO00266A>.
4. Karla A.B., Maria C.V., Magdalena A. (2017) Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European journal of nutrition*. Vol. 56 (2). P. 449–459
5. Грищенко А.М., Дробот В.І. Технологічні властивості безглютенової сировини. Наукові праці ОНАХТ. Вип. 1 (46). С. 162–166.
6. Чудік Ю.В., Сафонова О.М. Регулювання водопоглинаючої здатності борошнених сумішей. *Сучасні напрями технології та механізації процесів переробки харчових виробництв*. Харків. Вісник ХДТУСГ. 2003. С. 165–170.

REFERENCES:

1. María C Mena, Lombardía M., Hernando A., Méndez E., Albar Juan P. (2011) Comprehensive analysis of gluten in processed foods using a new extraction method and a competitive ELISA based on the R5 antibody. *J. Talanta*. 12.073. Epub 2012 Jan 18.
2. Hlaváč P. Božiková M. (2013) Effect of Temperature and Used Ingredients on Rheological Parameters of Pancake Dough. *Acta technologica agriculturae 3 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae*. p. 63–66.
3. Perez-Gregorio M. R. et al. (2017) Chromatographic and mass spectrometry analysis of wheat flour prolamins, the causative compounds of celiac disease. *Food & function*. 8. 2712–2721. DOI: <https://doi.org/10.1039/C7FO00266A>.
4. Karla A.B., Maria C.V., Magdalena A. (2017) Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European journal of nutrition*. Vol. 56 (2). P. 449–459.
5. Gryshhenko A. M., Drobot V. I. (2010) Tehnologichni vlastyivosti bezgljutenovyh vydiv syrovyny [Technological properties of gluten-free raw materials]. *Naukovi praci ONAHT [Scientific works of ONAFT]*. Vol. 1 (46). p. 162–166 [in Ukrainian].
6. Chudik Ju. V., Safonova, O. M. (2003) Rehuliuвання vodopohlynalnoi zdatnosti boroshnienykh sumishei. Suchasni napriamky tekhnolohii ta mekhanizatsii protsesiv prerobnykh i kharchovykh vyrobnytstv [Regulation of water-absorbing capacity of flour mixtures. Modern directions of technology and mechanization of processes of processing and food production]. Harkiv: Visnyk HDTUSG [Bulletin of the KhNTUA]. 16. p. 165–170. [in Ukrainian].

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 628.161.3

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.25>

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАЛІЗОВМІСНИХ КОАГУЛЯНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІЧКОВОЇ ВОДИ У ХОЛОДНУ ПОРУ РОКУ

*Деменюк О. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології цукру і підготовки води
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0009-8640-6055*

*Шульга С. А. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології цукру і підготовки води
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-1774-6031*

*Бабич І. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-3058-3062*

Класична технологія очищення річкової води ґрунтується на використанні у якості коагулянту сульфату алюмінію. Проте, в результаті підвищення вимог до вмісту залишкового алюмінію у питній воді, виникає питання про заміну алюмоємних коагулянтів на більш безпечні. Особливо це актуально для холодної пори року, коли різко підвищується гідратація золю гідроксиду алюмінію і підвищується вміст залишкового алюмінію у питній воді.

Метою даної роботи стало дослідження застосування для очищення річкової води у холодну пору року кількох варіантів залізовмісних коагулянтів, а також їх комбінування.

Аналізуючи одержані результати досліджень очищення води хлоридом заліза (III) $FeCl_3$, за t води $+5^{\circ}C$, можна зробити висновки, що найменші значення каламутності і кольоровості досягаються за дозування коагулянту $FeCl_3$ 35 $мг/дм^3$ і складають 50 $мг/дм^3$ і $1,0$ $^{\circ}$ ПКШ відповідно. Таким чином, очищена вода за каламутністю не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, а от кольоровість в межах нормативних значень. Експериментальні дослідження показали, що коагулянт хлорид заліза ефективно знебарвлює річкову воду в умовах низьких температур.

Очищення води сульфатом заліза (III) $Fe_2(SO_4)_3$ за t води $+6^{\circ}C$ показало, що найменші значення каламутності досягаються при витраті реагенту $Fe_2(SO_4)_3$ 35 $мг/дм^3$ – каламутність при цьому складає $37,5$ $мг/дм^3$, що краще, ніж з $FeCl_3$, але суттєво

перевищує норму. Мінімальні ж значення кольоровості фіксуються за витрати $Fe_2(SO_4)_3$, 25 мг/дм³ і складають 12° ПКШ, що повністю задовольняє вимогам до питної води. Розрахований ефект коагуляційного очищення води сульфатом заліза (III) ілюструє кращий результат прояснення води, ніж для хлориду заліза.

Ефективність очищення холодної води змішаним коагулянтном $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$ значно вища, ніж при роботі з кожним з цих коагулянтів окремо. Найменші показники каламутності і кольоровості спостерігалися при кількості використаного коагулянту 25 мг/дм³ та складала: каламутність – 1,08 мг/дм³, кольоровість – 1,85° ПКШ. Виникає синергічний ефект – підсилюються властивості кожного. Окремо хлорид заліза (III) має кращі знебарвлюючі властивості, а сульфат заліза (III) ефективніше прояснює воду. Сумісна ж їх дія проявляється в якісному очищенні за обома показниками.

Ключові слова: коагуляційне очищення, питна вода, ефект очищення, залізовмісні коагулянти.

Demenyuk O. M., Shulga S. A., Babych I. M. Application of iron-containing coagulants for purification of river water in the cold season

The classic technology of river water purification is based on the use of aluminum sulfate as a coagulant. However, as a result of increasing requirements for the content of residual aluminum in drinking water, the question of replacing aluminum-containing coagulants with safer ones arises. This is especially relevant for the cold season, when the hydration of aluminum hydroxide sol increases sharply and the content of residual aluminum in drinking water increases.

The purpose of this work was to study the use of several variants of iron-containing coagulants for cleaning river water in the cold season, as well as their combination.

Analyzing the obtained results of water purification studies with iron (III) chloride $FeCl_3$, for water $t = +5^\circ C$, we can conclude that the lowest values of turbidity and color are achieved with a dosage of $FeCl_3$ coagulant of 35 mg/dm³ and are 50 mg/dm³ and 1,0° PKSH, respectively. Thus, the purified water does not meet the requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10 in terms of turbidity, but the color is within the normative values. Experimental studies have shown that ferric chloride coagulant effectively discolors river water at low temperatures.

Purification of water with iron sulfate (III) $Fe_2(SO_4)_3$ at t of water $+6^\circ C$ showed that the lowest turbidity values are achieved when the $Fe_2(SO_4)_3$ reagent consumption is 35 mg/dm³ – turbidity is 37,5 mg/dm³, which is better than with $FeCl_3$, but significantly exceeds the norm. The minimum values of chroma are recorded for $Fe_2(SO_4)_3$ consumption of 25 mg/dm³ and are 12° PKSH, which fully meets the requirements for drinking water. The calculated effect of coagulation water treatment with iron (III) sulfate illustrates a better water clarification result than for iron chloride.

The efficiency of cold water purification with the mixed coagulant $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$ is much higher than when working with each of these coagulants separately. The lowest indicators of turbidity and color were observed when the amount of coagulant used was 25 mg/dm³ and were: turbidity – 1.08 mg/dm³, color – 1.85° PKSH. A synergistic effect occurs – the properties of each are strengthened. Separately, iron (III) chloride has better decolorizing properties, and iron (III) sulfate clarifies water more effectively. Their joint action is manifested in high-quality cleaning according to both indicators.

Key words: coagulation purification, drinking water, purification effect, iron-containing coagulants.

Вступ. Вода, як природний ресурс, необхідна для життя і здоров'я людей, для виробництва продовольства та підвищення якості життя населення. В останні роки спостерігається зниження якості води як поверхневих, так і підземних джерел, які залучені до систем централізованого водопостачання, що загострює проблему одержання питної води високої якості. У першу чергу, це пов'язано з тим, що масштаби антропогенного впливу стали не сумісними із здатністю гідросфери до самовідновлення.

Одним із найбільш поширених забруднювачів природних вод є високодисперсні тверді частки різної природи, що утворюються в результаті як природних, так і антропогенних процесів [1]. У більшості випадків вони являють собою частинки глини, піску, ґрунту, що утворюються в результаті розмивання русла водними потоками та живих організмів і їх залишків незначних розмірів, що не осідають у водному середовищі. Та якщо більші частки відділяються від водного середовища

досить просто відстоюванням чи фільтруванням, то високодисперсні, особливо частки глини, можуть тривалий час перебувати в завислому стані, проходити через найменші отвори, осідати в порах фільтрів та знижувати їх продуктивність, тому в технологіях водопідготовки цей процес має бути істотно прискорений. Прискорення процесу осадження завислих у воді речовин – основна мета застосування коагулянтів і флокулянтів. Коагулянт повинен внести з собою у воду максимальну кількість зарядів, щоб дестабілізувати завислі колоїдні частки. Потім додавання флокулянта повинне забезпечити злипання дрібних частинок (пластівців) [2; 3].

Кожен тип коагулянту має свої переваги і недоліки, по-різному поводить у тій чи іншій воді. До числа факторів, що впливають на процес коагулювання, як на ефективність очищення води, так і на властивості осаду, що утворюється, відносяться рН розчину, солеміст оброблюваної води, дозування коагулянту, склад домішок, що видаляються, а також температура води. Так, алюмовмісні коагулянти – $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$ та оксихлориди алюмінію різноманітної основності ($Al(OH)Cl_2$, $Al(OH)_2Cl$, $Al_2(OH)_5Cl$ і т.д.) – якісно очищують воду від колоїдно-дисперсних домішок. Суттєвим недоліком даних коагулянтів є те, що вони малоефективні за низьких температур розчинів і працюють в достатньо вузькому діапазоні рН [2–4]. Крім того, їх застосування призводить до появи іонів алюмінію в очищеній воді, що негативно впливає на здоров'я населення. Коагулянти ж на основі солей заліза – ($FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$) мають гарні коагулюючі властивості і працюють у широкому діапазоні рН [2–3; 5]. Вони не чутливі до температури води, що очищується і можуть застосовуватися для прояснення води різного сольового складу. Проте при їх використанні дуже часто виникає необхідність додаткового підлужування очищеної води, оскільки під час гідролізу солей заліза вона може підкислюватися [5–6].

Класична технологія очищення річкової води ґрунтується на використанні у якості коагулянту сульфату алюмінію [3–4; 7]. Проте, в результаті підвищення вимог до вмісту залишкового алюмінію у питній воді, пов'язаних з його нейротоксичністю, виникає питання про заміну алюмовмісних коагулянтів на більш безпечні, які б дозволяли отримувати воду високої якості, не ускладнювали б технологію і були економічно доцільними. Особливо це актуально для холодної пори року, коли різко підвищується гідратація золю гідроксиду алюмінію і підвищується вміст залишкового алюмінію у питній воді. Необхідно зазначити, що нормативний показник вмісту алюмінію у водопровідній воді, згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [8], становить $0,2 \text{ мг/дм}^3$, але для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній, дозволяється до $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Це пов'язано з великою складністю ведення технологічного процесу коагуляційного очищення річкової води алюмовмісними коагулянтами таким чином, щоб досягти нормативу $0,2 \text{ мг/дм}^3$. Особливо за низьких температур води.

Мета роботи. Дослідження застосування для очищення річкової води у холодну пору року кількох варіантів залізовмісних коагулянтів.

Матеріали та методи. Було проведено декілька серій очищення води із річки Либідь (м. Київ) за температури $5\text{--}6^\circ\text{C}$ залізовмісними коагулянтами: хлоридом заліза (III) $FeCl_3$, сульфатом заліза (III) $Fe_2(SO_4)_3$, а також їх сумішшю у співвідношенні (1:1).

Методика досліджень полягала у паралельному проведенні процесу пробної коагуляції в лабораторних умовах у разі використання вищезазначених реагентів. Відповідно до методики, до проб річкової води об'ємом 1 дм^3 додавали 5%-ий розчин коагулянту з розрахунку від 25 до 40 мг/дм^3 сухих речовин реагенту

(дозування коагулянту визначали згідно рекомендацій ДБН В.2.5-74:2013). В момент дозування включали мішалку для інтенсивного перемішування проби з реагентом протягом 2 хвилин (частота обертів змішувача складала 350 об/хв). Після чого уповільнювали перемішування до 50 об/хв і витримували ще 10 хвилин для здійснення процесу пластівцеутворення. Далі здійснювали прояснення одержаної суспензії шляхом відстоювання протягом 30 хв. Заключною стадією очищення було фільтрування проясненої води крізь шар кварцевого піску діаметром 0,7–0,8 мм.

В процесі коагуляційного очищення відбирали проби води: вихідної, після пластівцеутворення, після відстоювання і після фільтрування. У відібраних пробах визначали лужність води титриметричним методом, рН і ОВП потенціометричним методом, каламутність і кольоровість фотометричним методом, вміст залишкового заліза фотометричним методом з ортофенантроліном.

Результати дослідження. На початку досліджень було використано для видалення домішок води хлорид заліза (III) FeCl_3 , за t води = $+5^\circ\text{C}$. На основі аналізу відібраних проб води в процесі очищення побудовані графіки залежності кінцевої каламутності і кольоровості води від витрати реагенту на процес коагуляції. Аналізуючи одержані графіки рис. 1 і рис. 2, можна зробити висновки, що найменші значення каламутності і кольоровості досягаються за дозування коагулянту FeCl_3 35 мг/дм^3 і складають 50 мг/дм^3 і $1,0^\circ$ ПКШ відповідно.

З метою узагальнення одержаних результатів, було розраховано ефект коагуляційного очищення (тобто відсоткове зниження показника якості води в результаті коагуляції її домішок). Розраховані ефекти представлені у таблиці 1.

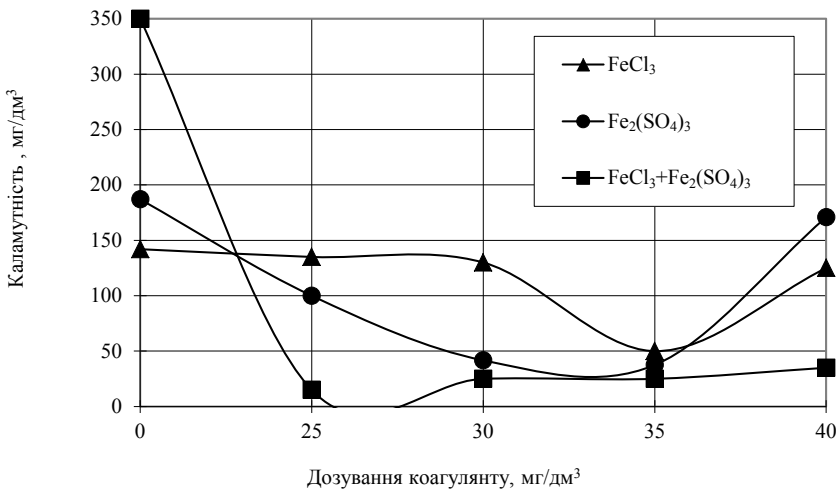


Рис. 1. Залежність каламутності води від дозування коагулянтів

Як видно з таблиці 1, найбільший ефект очищення води коагулянтом FeCl_3 спостерігається за його витрати 35 мг/дм^3 . При цьому показник каламутності залишається завищеним. Збільшення витрати реагенту не дає бажаного покращення показників якості очищеної води. Таким чином, очищена вода за каламутністю не відповідає вимогам, а от кольоровість в межах нормативних значень [8]. Експериментальні дослідження показали, що коагулянт хлорид заліза ефективно знебарвляє річкову воду в умовах низьких температур.

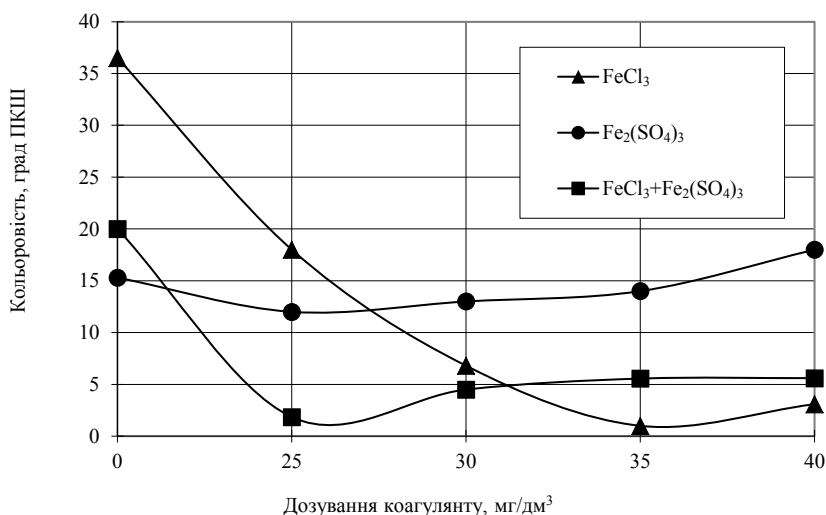


Рис. 2. Залежність кольоровості води від дозування коагулянтів

Таблиця 1

Ефект очищення води коагулянтном FeCl₃

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм³
FeCl ₃	4,9	50,7	25
	8,5	81,2	30
	64,8	97,3	35
	12	91,5	40

Наступним для очищення води було використано сульфат заліза (III) Fe₂(SO₄)₃, за t води +6°C. Як можна побачити з одержаних графіків, рис. 1 і рис. 2, найменші значення каламутності досягаються при витраті реагенту Fe₂(SO₄)₃ 35 мг/дм³. Каламутність при цьому складає 37,5 мг/дм³, що краще, ніж з FeCl₃, але суттєво перевищує норму. Мінімальні ж значення кольоровості фіксуються за витрати Fe₂(SO₄)₃ 25 мг/дм³ і складають 12° ПКШ, що повністю задовольняє вимогам до питної води. Розрахований ефект коагуляційного очищення води сульфатом заліза (III), що представлений у таблиці 2, ілюструє кращий результат прояснення води, ніж для хлориду заліза. Достатньо ефективно відбувається також і знебарвлення води за умови оптимального дозування реагенту, а от передозування (40 мг/дм³) призводить до надходження іонів заліза в питну воду – в наслідок чого підвищується кольоровість і запах води.

З метою досягнення кращих показників очищення річкової води за низьких температур, було досліджено використання змішаного коагулянту Fe₂(SO₄)₃+FeCl₃ для води температурою +5°C. З графіків коагуляції (рис. 1, рис. 2) видно, що ефективність очищення води в даному випадку значно вища, ніж при роботі з кожним з цих коагулянтів окремо. В процесі проведення коагуляції пластівці, які утворювалися, були значно більші, ніж у попередніх експериментах і проявлялися вже на стадії змішування річкової води з реагентами. В результаті чого, якість

Таблиця 2

Ефект очищення води коагулянтom $Fe_2(SO_4)_3$

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм ³
$Fe_2(SO_4)_3$	46,5	21,6	25
	77,7	15,0	30
	79,9	8,5	35
	8,6	-17,6	40

і швидкість відстоювання були суттєво вищими. Найменші показники каламутності і кольоровості спостерігалися при кількості використаного коагулянту 25 мг/дм³ та складала: каламутність – 1,08 мг/дм³, кольоровість – 1,85° ПКШ.

Ефективність очищення була максимальною і сягала 97,6% за каламутністю та 90,8% за кольоровістю при мінімальних витратах коагулянту – 25 мг/дм³ (Таблиця 3).

На основі проведених досліджень коагуляційного очищення річкової води залізовмісними коагулянтами можна зробити висновок, що використання змішаного коагулянту сульфату і хлориду заліза (III) є значно ефективнішим ніж окреме їх застосування. Виникає синергійний ефект – підсилюються властивості кожного. Окремо хлорид заліза (III) має кращі знебарвлюючі властивості, а сульфат заліза (III) ефективніше прояснює воду. Сумісна ж їх дія проявляється в якісному очищенні за обома показниками.

Таблиця 3

Ефект очищення води змішаним коагулянтom $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм ³
$Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$	97,6	90,8	25
	93,4	72,5	30
	92,7	72,2	35
	90	72	40

Важливим показником якості питної води при технології очищення з використанням залізовмісних коагулянтів є контроль вмісту залишкового заліза у питній воді, оскільки його перевищення значно погіршує органолептичні показники води. На рис. 3 представлено зміну вмісту залишкового заліза в очищеній воді від дозування досліджуваних коагулянтів: хлориду заліза, сульфату заліза і їх суміші. Необхідно зазначити, що нормативний показник вмісту заліза у водопровідній воді, згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10, становить 0,2 мг/дм³ [8].

Проведені дослідження показали, що у разі застосування сульфату заліза (III) залишковий вміст заліза був значно завищений, що й надавало воді приросту забарвленості при збільшенні витрати коагулянту. При використанні хлориду заліза і змішаного коагулянту, за умов дотримання оптимального дозування реагентів, вміст залишкового заліза був у межах нормативних вимог.

З метою узагальнення одержаних результатів зроблена порівняльна характеристика ефективності проведених очищень і зведена у таблицю 4.

На основі проведеного порівняння, можна зробити висновок, що в результаті змішування хлориду і сульфату заліза (III) досягається значна інтенсифікація процесу коагуляції – знижується каламутність і кольоровість річкової води

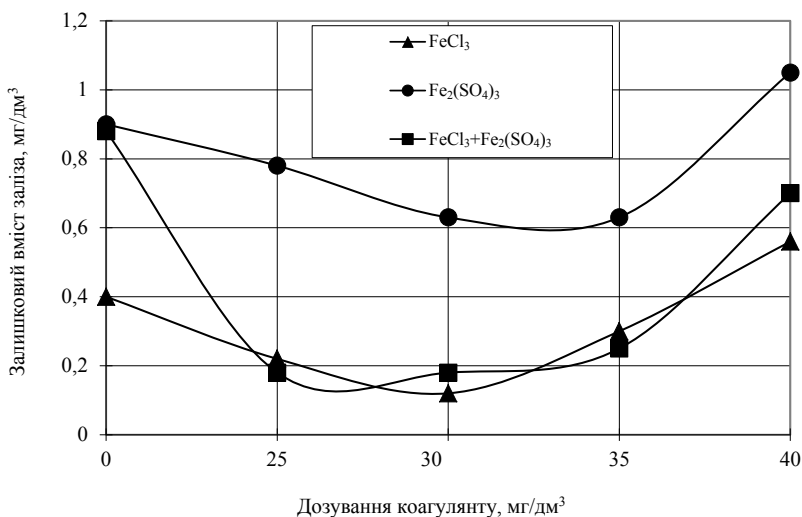


Рис. 3. Залежність вмісту залишкового заліза в очищеній воді від дозування коагулянтів

Таблиця 4

Порівняльна характеристика ефективності очищення річкової води залізовмісними коагулянтами

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Оптимальна витрата коагулянту, мг/дм ³	Залишковий вміст заліза, мг/дм ³
FeCl ₃	64,8	97,3	35	0,3
Fe ₂ (SO ₄) ₃	79,9	70	35	0,63
Fe ₂ (SO ₄) ₃ + FeCl ₃	97,6	90,8	25	0,18

до показників, що задовольняють ДСанПіН 2.2.4-171-10. Залишковий вміст заліза в очищеній питній воді не перевищує нормативний показник 0,2 мг/дм³. Оптимальне дозування коагулянту (25 мг/дм³), а відповідно і матеріальні витрати на процес очищення води, є мінімальними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної та технологічної води / А. А. Долінський, О. М. Ободович, Н. А. Гусятинська, В. В. Сидоренко. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 23, № 2. С. 247–255. http://sw.nuft.edu.ua/Archiv/2018/swnuft_24_2.pdf.
2. Запольский А. К. Физико-химическая теория коагуляционной очистки воды : монография. Житомир : ЖНАЭУ, 2013. 71 с.
3. Шкавро З. М., Антонюк, Н. Г. Теорія і практика використання коагулянтів у технології водоочищення. *Наукові записки*. 2014. Т. 157. С. 65–78. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=-LINK

&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=NaUKMAchem_2014_157_13.

4. Душкин С.С., Благодарная Г.И. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды : монография. Харьков : ХНАГХ, 2009. 95 с.

5. Запольський А.К. Очистка воды коагулированием : монография. Каменец-Подольський : ЧП «Медоборы-2006», 2011. 296 с.

6. Эффективность использования смешанных реагентов на основе солей алюминия и железа для очистки воды / А. В. Мамченко, Н.Г. Герасименко, И.И. Дешко, Т.А. Пахарь. *Химия и технология воды*. 2006. Т. 6, № 6. С. 582–592.

7. Гусятинська Н. А., Деменюк О. М., Шульга С. А. Ефективність застосування поліоксихлориду алюмінію для очищення питної води. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Том 28, № 6. С. 125–136.

8. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». 2010. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

REFERENCES:

1. Dolinskyi, A. A., Obodovych, O. M., Husyatynska, N. A., & Sydorenko V. V. (2018). Realiy syogodennya ta perspektyvy maybutnyogo pidgotovky pytnoy ta tehničnoy vody [Present realities and future prospects of drinking and technological water preparation]. *Naukovy praci NUHT – Scientific works of the NUHT*. 23 (2), 247–255 [in Ukrainian].

2. Zapolsky, A. K. (2013). Fiziko-himicheskaya teoriya koagulyacionnoy ochistki vody [Physico-chemical theory of water coagulation purification]. *Zhytomyr : ZhNAEU* [in Ukrainian].

3. Shkavro, Z.M., & Antoniuk, N.G. (2014). Teoriya i praktyka vykorystannya koagulyantiv u tehnologiy vodoochyshchennya [Theory and practice of using coagulants in water treatment technology]. *Naukovi zapysky – Scientific notes*. 157, 65–78 [in Ukrainian].

4. Dushkin, S.S., & Bladgornaya, G.I. (2009). Razrabotka nauchnyh osnov resursosberegayushchih tehnologiy podgotovki ekologicheski chistoy vody [Development of scientific foundations of resource-saving technologies for preparation of ecologically clean drinking water]. Kharkiv: KHNAKH [in Ukrainian].

5. Zapolsky, A.K. (2011). Ochistka vody koagulirovaniem [Water purification by coagulation]. Kamenets-Podolsky: PE “Medobory–2006” [in Ukrainian].

6. Mamchenko, A.V., Gerasimenko, N.G., Deshko, I.I., & Pahar, T.A. (2006). Efektivnost ispolzovaniya smeshanyh koagulyantov na osnove soley alyuminiya i zheleza dlya ochistki vody [Effectiveness of the use of mixed reagents based on aluminum and iron salts for water purification]. *Himiya i tehnologiya vody – Water chemistry and technology*. 6 (6), 582–592 [in Ukrainian].

7. Husyatynska, N. A., Demenyuk, O. M., & Shulga, S. A. (2022). Efektyvnist zastosuvannya polioksihloridu alyuminiyu dlya ochyshchennya pytnoy vody [Effectiveness of aluminum polyoxochloride for drinking water purification]. *Naukovy praci NUHT – Scientific works of the NUHT*. 28 (6), 125–136 [in Ukrainian].

8. DСанПіН 2.2.4-171-10 (2010). Derzhavny sanitarni normy i pravyla “Hihienichni vymohi do vody pytnoy pryznachenoy dlyaspozhyvannya lyudynoyu” [State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption”]. [in Ukrainian].

УДК 51-74:556.33(013): 627.5: 69.059.7
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.26>

ПРОГНОЗ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ТА ГІДРОГЕОХІМІЧНОГО РЕЖИМІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД В УМОВАХ ПРОЕКТОВАНОГО БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХВОСТОСХОВИЩА

Тимощук В. І. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0003-3266-9828

Загриценко А. М. – доктор технічних наук,
завідувачка кафедри гідрогеології та інженерної геології
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-9405-6675

Шерстюк Є. А. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-1844-1985

Чушкіна І. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва, геотехніки та геомеханіки
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0003-1251-6664

Деревягіна Н. І. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0001-5584-8592

Дослідження виконані в зв'язку з оцінкою умов проектуваного будівництва хвостового господарства Іршанського ГЗК та його впливу на гідродинамічний і гідрогеохімічний режими водоносних горизонтів на прилеглий території.

Об'єкт досліджень – геофільтраційні та геоміграційні процеси в ґрунтовому масиві та огороджувальних спорудах на ділянці проектуваного будівництва хвостосховища Іршанського ГЗК.

Мета роботи – прогнозна оцінка змін гідродинамічного і гідрогеохімічного режимів ділянки будівництва хвостосховища в умовах його експлуатації.

В роботі виконано аналіз і узагальнення даних про геолого-гідрогеологічні та геолого-технічні умови досліджуваної території та ділянки хвостосховища Іршанського ГЗК, розроблено чисельні геофільтраційну та геоміграційну моделі території з використанням програмного забезпечення Modflow. Виконано прогнозу оцінку змін гідродинамічного та гідрогеохімічного режимів на ділянці огороджувальних споруд хвостосховища в умовах його експлуатації.

Прогнозна оцінка змін гідродинамічного режиму в умовах проектуваного будівництва та подальшої експлуатації хвостосховища із заповненням його до відмітки 190,0 м при висоті огороджувальних дамб 10,5 м свідчить про очікуваний суттєвий, до 2,0 м і більше, підйом рівнів підземних вод безпосередньо навколо хвостосховища, і, як наслідок, підтоплення і затоплення прилеглих до хвостосховища територій на відстані від 500 до 1000 м.

Очікувані зміни в гідрогеохімічному стані прилеглої території характеризуються розвитком ореолів підземних вод з підвищеними мінералізацією і вмістом сульфат-іону SO_4^{2-} , з прориванням їх контурів в напрямку річкової мережі переважно в межах трицинуватой

зони кристалічних порід. При цьому сукупний вміст розчинених речовин і сульфат-іону на контурі річок Добринка, Тростяниця та правого притоку річки Ріхта в абсолютному вираженні не перевищують значень 500,0 і 300,0 мг/л відповідно.

Ключові слова: Іршанський ГЗК, хвостосховище, огорожувальні споруди, гідродинамічний режим, геофільтраційні процеси, геоміграційні процеси.

Tymoshchuk V. I., Zahrytsenko A. M., Sherstiuk Ye. A., Chushkina I. V., Derevyahina N. I. The forecast of the hydrodynamic and hydrogeochemical modes under conditions of designed tailing construction and operation

The research was conducted to assess the conditions of the planned construction of the tailings dump of the Irshansk mining complex and its impact on the hydrodynamic and hydrogeochemical modes of the aquifers in the adjacent territory.

The subject of the study is the groundwater flow and transport processes in the soil massifs and in the enclosing structures at the site of the planned construction of the Irshansky tailings dump.

The purpose of the study is to predict changes in the hydrodynamic and hydrogeochemical modes of the tailing's storage facility construction site in terms of its operation.

The analysis and generalization of data on geological-hydrogeological and geotechnical conditions of the tailings section territory of the Irshansk mining and processing plant were performed, numerical groundwater flow and transport models of the territory were developed using Modflow software.

The forecast of changes in the hydrodynamic and hydrogeochemical modes on the area of tailing containment structures was performed under the conditions of its operation.

In the case of the filling the tailing dump to the level of 190.0 m with the height of the surrounding embankments of 10.5 m, the groundwater level will rise up to 2.0 m or more, directly around the tailing dump, and as a result, will lead to flooding and inundation of the adjacent area at a distance of 500 to 1000 m.

The estimated changes in the hydrogeochemical state of the adjacent territory are characterized by the development of groundwater zones with high salinity and sulfate ion concentration, resulting in the advancement of their contours towards the river system mainly within the fractured zone of crystalline rocks.

At the same time, the total content of dissolved solids and sulfate ion along the contour of the Dobrynka and Trostianyska rivers as well as the Rihta river's right tributary is below, 500.0 and 300.0 mg/l, respectively.

Key words: Irshansk mining and processing plant, tailings, containment structures, hydrodynamic mode, groundwater flow, transport.

Вступ. З будівництвом та експлуатацією хвостосховищ пов'язано багато процесів, що виникають в зоні їх впливу на навколишнє середовище. Зокрема, це зміни у підземній гідросфері, які проявляються в підвищенні рівнів водоносних горизонтів внаслідок фільтраційних втрат, що можуть призвести до підтоплення території, а також до зміни хімічного складу підземних вод та їх забруднення [1–3]. Для достовірного прогнозування змін рівнів ґрунтових вод та кількісної оцінки змін хімічного складу використовуються математичні моделі [4; 5] які дозволяють враховувати в розрахунках складність конфігурації природних об'єктів, нерівномірність розподілу параметрів та мінливість гідродинамічних границь в просторі та в часі, підтвердити достовірність чисельного рішення калібруванням моделі – вирішенням обернених задач для визначених «анкерних» часових періодів з відомими контрольними даними [2; 6–8].

Дослідження виконані в зв'язку з оцінкою умов проектного будівництва хвостового господарства Іршанського ГЗК та його впливу на режим водоносних горизонтів на прилеглий території. Проектується будівництво хвостосховища з огорожувальними дамбами, що складається з 3-х частин відділених одна від одної розподільними дамбами. Для прийняття рішень щодо управління гідрогеологічним режимом під час будівництва та експлуатації необхідним є прогноз підйому рівня ґрунтових вод в результаті створення хвостосховища, прогноз можливого забруднення підземних та поверхневих вод фільтраційними водами.

Таким чином, мета роботи – прогнозна оцінка змін гідродинамічного і гідрогеохімічного режимів ділянки будівництва хвостосховища в умовах його експлуатації досягнута із застосуванням чисельного моделювання, зокрема, методу чисельних різностей.

Загальна частина. Досліджувана територія знаходиться в центральній частині Житомирської області в межах Хорошівського району, між селищами Заброне та Буки. Геологічна будова та гідрогеологічні умови визначаються повсюдним поширенням четвертинних еолово-делювіальних відкладень і відкладень нижньої крейди, що залягають на складно розчленованій поверхні інтрузивних утворень верхнього протерозою.

Гідрогеологічні умови ділянки хвостосховища характеризуються розвитком четвертинного водоносного горизонту, приуроченого до еолово-делювіальних піщано-суглинистих відкладень четвертинного віку, і водоносного горизонту у верхній тріщинуватій частині розрізу верхньопротерозойських відкладень. Гідродинамічний режим в природних умовах формується переважно за рахунок інфільтраційного живлення підземних вод атмосферними опадами і розвантаженням розвинених в межах території проектного будівництва четвертинного і верхньопротерозойського водоносних горизонтів у річкову мережу, яка в межах досліджуваної території представлена річками Ріхта, Добринка і Тростяниця.

При дослідженні гідродинамічного та гідрогеохімічного режимів території проектного будівництва хвостосховища Іршанського ГЗК використана реалізована у програмному комплексі *Modflow* 2009.1 чисельна модель геофільтрації, яка представляє собою модель тривимірного потоку підземних вод постійної щільності в пористому середовищі і описується частковим диференціальним рівнянням [4; 5]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

де k_x , k_y і k_z – гідравлічні провідності у напрямку координатних осей X , Y і Z ; (L/T); h – шукана функція напору (L); W – одинична витрата потоку (T^{-1}): для вхідного потоку $W > 0$, для вихідного потоку – $W < 0$; S_s – питома ємність пористого середовища (L^{-1}); t – час (T).

Рівняння (1) разом з граничними і початковими умовами описує тривимірний нестационарний потік підземних вод в гетерогенному і анізотропному середовищі в умовах, коли основні напрямки гідравлічних провідностей співпадають з напрямками координатних осей [4; 5].

Оцінка змін якісного складу підземних вод поширених на досліджуваній території водоносних горизонтів під впливом будівництва та експлуатації хвостосховища виконана за результатами моделювання адвективно-дисперсійного переносу розчинених речовин в потоці підземних вод. Моделювання переносу розчиненої речовини в рухомому потоці виконано з використанням пакета MT3D програмного комплексу *Modflow* [5].

Рівняння, що описує перехід від моделі тривимірного нестационарного потоку підземних вод до моделі переносу розчиненої речовини, має вигляд

$$\frac{\partial (\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right] - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n, \quad (2)$$

де C^k – концентрація розчиненої речовини k ; θ – ефективна пористість; t – час; x_i – відстань уздовж відповідних осей декартових координат; D_{ij} – тензор коефіцієнтів гідравлічної дисперсії; v_i – швидкість фільтрації, $v = q_i / \theta$; q_s – витрата на одиницю об'єму водоносного горизонту; C_s^k – концентрація джерела або поглиначка розчиненої речовини; $\sum R_n$ – реакція хімічної взаємодії.

Основними параметрами, завдання яких проводиться при описі міграційної моделі, є: початкові концентрації розчиненої речовини в розрахункових шарах, концентрації речовини на гідродинамічних границях гідрогеологічних елементів модельованої області, концентрації по площі живлення і розвантаження (інфільтраційне живлення і випаровування), параметри міграції розчиненої речовини в пористому середовищі.

Гідравлічна дисперсія обчислюється за наступною формулою:

$$D = \alpha_L \cdot \frac{V_L^2}{|v|} + \alpha_H \cdot \frac{V_H^2}{|v|} + \alpha_V \cdot \frac{V_V^2}{|v|} + D^*, \quad (3)$$

де D – гідравлічна дисперсія (L^2 / T); α_L – поздовжня дисперсивність, V_L – поздовжня швидкість потоку вздовж напрямку міграції (L / T); α_H – поперечна горизонтальна дисперсивність (L); V_H – горизонтальна швидкість потоку вздовж напрямку міграції (L / T); α_V – вертикальна дисперсивність (L); V_V – вертикальна швидкість потоку вздовж напрямку міграції (L / T); v – швидкість фільтрації (L / T); D^* – коефіцієнт дифузії (L^2 / T).

При створенні чисельної моделі розміри розрахункових блоків становили від 100×100 м до 50×50 м на ділянці їх згущення в межах території проектного хвостосховища, що дозволило з достатньою детальністю відобразити конфігурацію секцій хвостосховища та огорожувальних споруд, гіпсометрію геологічних відкладень, контури гідродинамічних границь та рівневі поверхні водоносних горизонтів, площа модельованої області $52,2 \text{ км}^2$.

Структура моделі відповідно до геологічної будови і залягання водоносних горизонтів апроксимована п'ятьма розрахунковими шарами, враховуючи проектане нарощування огорожувальних дамб хвостосховища. У якості нижньої границі в моделі прийнята умовна поверхня, що відповідає підшві 5-ти метрового інтервалу тріщинуватих кристалічних порід протерозою.

Відповідно до прийнятої структури розрахункові шари в геофільтраційній моделі представлені наступним чином:

1 шар – водоносний – ґрунтово-рослинний шар + товща техногенних відкладень в межах інтервалу планованого складування відходів рудозбагачення, розрахункова потужність від 0,5 до 29,5 м;

2 шар – водоносний – обводнена товща верхньочетвертинних супісків і пісків мілких і середньої крупності, розрахункова потужність 0,5...11,0 м;

3 шар – водоносний – товща верхньо- і середньочетвертинних суглинків і супісків загальною потужністю елювіально-делювіальних суглинків четвертинного віку, розрахункова потужність 0,5..6,0 м;

4 шар – слабопроникний – вторинні та первинні каоліни (глини і суглинки) і каолінізована кора вивітрювання нижньокрейдового віку, розрахункова потужність 2,0...14,0 м;

5 шар – водоносний – тріщинувата зона верхньопротерозойських кристалічних порід – габро-лабрадоритом, розрахункова потужність 5,0 м.

У якості границь на зовнішніх північно-західному і південно-східному контурах моделі задані гідродинамічні границі із забезпеченим живленням ($Q=f(H)$), які встановлені у відповідності до загальної гідродинамічної схеми досліджуваної території і визначаються положенням річок Ріхта, Добринка і Тростяниця. Внутрішньою гідродинамічною границею на ділянці хвостосховища є правий приток річки Ріхта, який в межах модельованої області також заданий граничною умовою $Q=f(H)$.

Інфільтраційне живлення в чисельній геофільтраційній моделі визначено діапазоном 6,1...61,3 мм/рік в залежності від характеру рельєфу та літологічної будови, що відповідає величинам на рівні 1,0...10,0% від загальної кількості атмосферних опадів, рівної згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 210 «Будівельна кліматологія» 613,0 мм/рік, і в подальшому корегувалось при вирішенні обернених задач.

Таблиця 1

Балансові складові модельованої області – природний стан

Розрахунковий період	Складові балансу	Живлення, м ³ /добу	Розвантаження, м ³ /добу
Природний стан (серпень – листопад 2018 р.)	Інфільтраційне живлення	914,45	-
	Взаємозв'язок з річками	1,34	-1004,54
	Витрати по контуру	184,31	-88,09
	Випаровування	-	-11,72
	Всього	1100,10	-1104,34
	Похибка		-4,24
	Нев'язка, %		-0,39

За даними калібрування, виконаного за результатами рішення оберненої задачі станом на серпень – листопад 2018 р., відхилення розрахункових відміток рівнів води в четвертинному і нижньокрейдовому горизонтах від фактично встановлених не перевищує 1,59 м (рис. 1).

Методикою моделювання передбачалось вирішення задач з оцінки прогнозованих змін [7; 8] гідродинамічного режиму на ділянці розташування хвостосховища відповідно до прийнятої просторово-часової схеми складування відходів рудозбагачення.

При вирішенні задач нестационарної фільтрації розрахунковий час відповідав періоду від початку експлуатації хвостосховища до його заповнення до відмітки 190,0 м при висоті огорожувальних дамб 10,5 м (абс. відмітка гребеня дамб 190,5 м) становив 50 років (20000 діб). Згідно з часовою схематизацією прогнозних розрахунків значення відміток рівнів води в хвостосховищі відповідали: початкове значення – 179,0 м; 10 років – 180,4 м; 20 років – 182,8 м; 30 років – 185,2 м; 40 років – 187,6 м; 50 років – 190,0 м.

Основним фактором, що визначає формування гідродинамічного режиму на ділянці хвостосховища, є рівень техногенного живлення водоносного горизонту в четвертинних, крейдових і протерозойських відкладеннях в умовах підпертого стану підземних вод за рахунок заповнення чаші хвостосховища. Величина техногенного живлення в межах секцій хвостосховища в геофільтраційній моделі визначалась завданням в його контурах умови забезпеченого живлення $H=Const$.

Показником стану водоносних горизонтів при оцінці впливу будівництва і експлуатації хвостосховища на гідрогеохімічний режим є загальний вміст розчинених

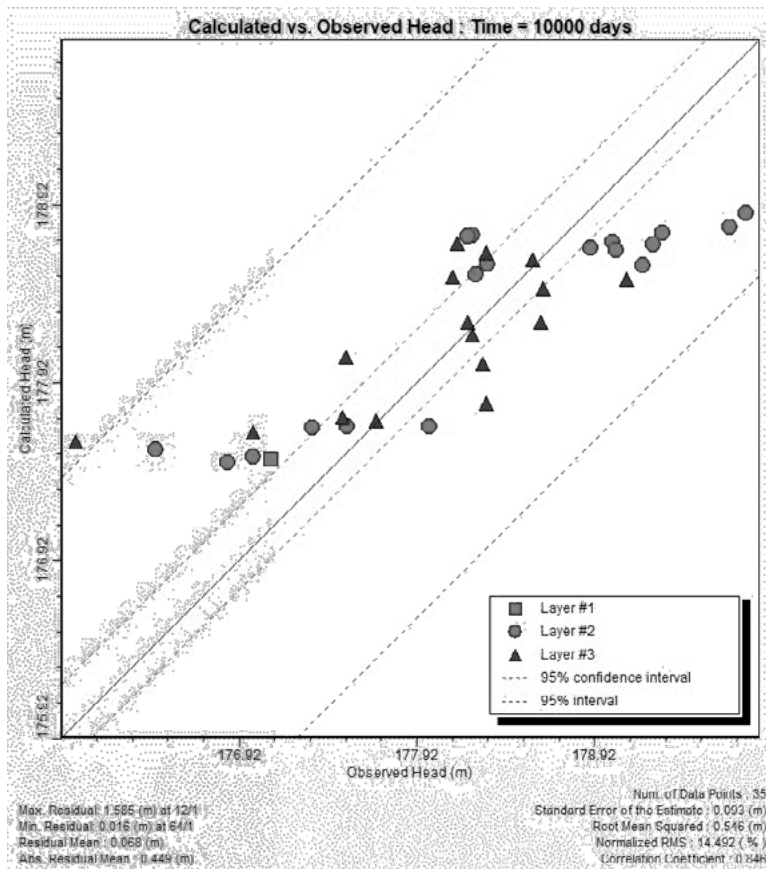


Рис. 1. Калібрування геофільтраційної моделі станом на серпень – листопад 2018 р. – обернена задача, стаціонарний режим фільтрації

речовин [5], який представлений переважно макрокомпонентами. Крім того, у якості показника, що характеризує техногенний вигляд досліджуваної ділянки з урахуванням специфіки об'єкту, прийнятий вміст в підземних водах сульфат-іону SO_4^{2-} .

Природна мінералізація за даними інженерно-геологічних вишукувань підземних вод на ділянці хвостосховища знаходиться в межах 270,0...382,0 мг/л, вміст сульфат-іону (SO_4^{2-}) – 108,8...160,0 мг/л. Ці ж показники у водах хвостів становлять відповідно 1080,0...1116 мг/л і 770,0...788,6 мг/л.

При вирішенні прогнозних міграційних задач зміна гідрогеохімічного режиму модельованих шарів визначалася розсіюванням розчинених речовин, що надходять у складі інфільтраційного живлення в межах площі хвостосховища. Прогнозні розрахунки виконані на часові періоди складування відходів рудозбагачення у чаші хвостосховища, що становлять 10, 20, 30, 40, 50 років ($t = 4000, 8000, 12000, 16000$ і 20000 діб).

Аналіз результатів вирішення прогнозних задач показав, що при проектуваному будівництві і експлуатації хвостосховища в умовах гідравлічної взаємодії

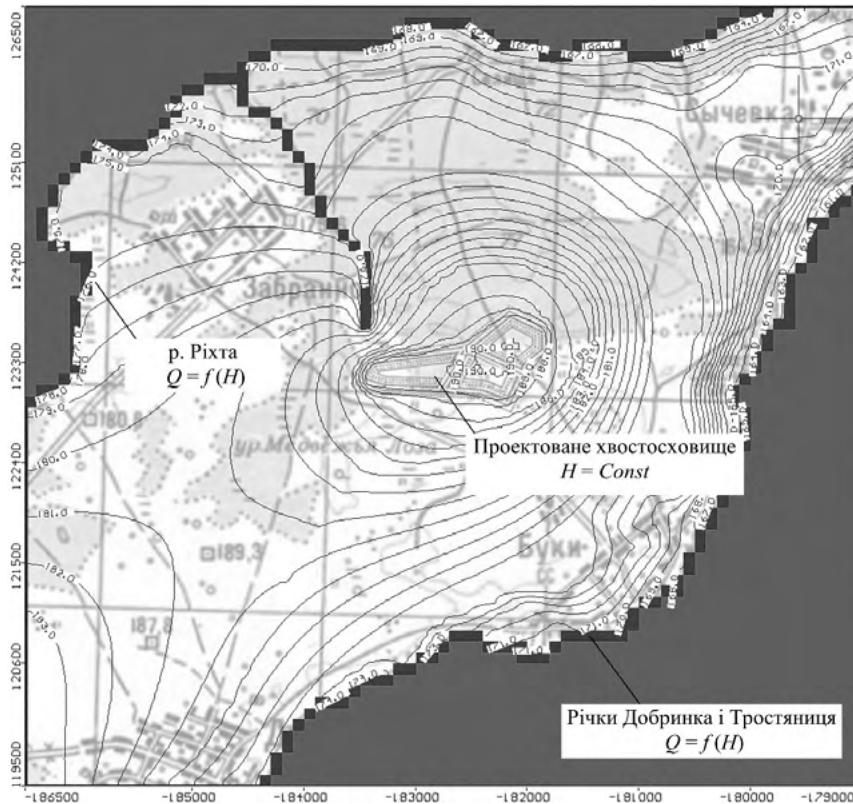


Рис. 2. Прогнозне положення рівнів підземних вод четвертинного водоносного горизонту на кінцевий період експлуатації хвостосховища 50 років ($t = 20000$ діб), м

підземних вод з техногенними відкладеннями (відходами рудозбагачення) на прилеглий території відбувається відповідне рівнів підземних вод, приурочених до порід четвертинного віку та тріщинної зони нижньопротерозойських відкладень.

Зважаючи на те, що досліджувана територія в природних умовах характеризується неглибоким, до 1,0...2,0 м, заляганням рівнів підземних вод, а на деяких ділянках території відзначається заболоченість, прогнозоване підняття рівнів підземних вод буде сприяти подальшим підтопленню і затопленню оточуючої хвостосховища території.

Висновки. Прогноз змін гідродинамічного режиму в умовах проектного будівництва та експлуатації хвостосховища із заповненням його до відмітки 190,0 м при висоті огорожувальних дамб 10,5 м (відмітка гребеня дамб 190,5 м) свідчить про очікуваний суттєвий, до 2,0 м і більше, підйом рівнів підземних вод безпосередньо навколо хвостосховища, і, як наслідок, підтоплення і затоплення прилеглих територій.

Згідно з результатами виконаних розрахунків зміни рівнів підземних вод на прилеглий до хвостосховища території відбуваються впродовж всього розрахункового терміну експлуатації хвостосховища і зумовлюються зростанням абсолютних відміток поверхні складованих до хвостосховища відходів рудозбагачення.

На кінцевий період експлуатації хвостосховища під підтоплення і затоплення підпадають смуги шириною від 500 м на східній і західній ділянках території до 1000 м – на північній і південній ділянках.

Ріст рівнів підземних вод на прилеглих до хвостосховища ділянках визначається величиною фільтраційних втрат, яка у загальному балансі досліджуваної території згідно з даними виконаних розрахунків зростає від 96,31 м³/добу (1,11 л/с) на початку експлуатації хвостосховища до 369,93 і 746,67 м³/добу (4,28 і 8,64 л/с) відповідно на 20 і 50 років (8000 і 20000 діб) експлуатації.

Отримані величини фільтраційних втрат із проєктованого хвостосховища відповідають умовам виконання огорожувальних дамб із місцевого матеріалу з розрахунковим значенням коефіцієнту фільтрації $k = 0,05$ м/добу.

При будівництві та експлуатації хвостосховища очікувані зміни в гідрогеохімічному стані прилеглої території характеризуються розвитком ореолів підземних вод з підвищеними мінералізацією і вмістом сульфат-іону SO_4^{2-} , які характеризуються просуванням їх контурів в напрямку річкової мережі переважно в межах тріщинуватої зони кристалічних порід. При цьому сукупний вміст розчинених речовин і сульфат-іону на контурі річок Добринка, Тростяниця та правого притоку річки Ріхта в абсолютному вираженні не перевищують значень відповідно 500,0 і 300,0 мг/л і знаходяться близько до діапазону концентрацій, встановлених для існуючого стану ділянки проєктованого будівництва.

Для зниження фільтраційних втрат із часті проєктованого хвостосховища і запобігання потрапляння води з підвищеними мінералізацією і вмістом сульфат-іону SO_4^{2-} до водоносних горизонтів доцільно збереження у якості протифільтраційного екрану шару глини і суглинків ПЕ-7,9, а також застосування їх у якості матеріалу верхових укосів огорожувальних дамб.

До інженерних заходів захисного характеру слід віднести зведення по зовнішньому контуру хвостосховища горизонтального дренажу з поверненням дренажних вод в систему оборотного водопостачання проєктованого хвостового господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тарабарова С.Б., Станкевич В.В., Забруднення води підземних водоносних горизонтів при експлуатації хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу. *Гігієна населених місць*. 2018. № 68. С. 70–75.
2. Загриценко А.М. Формування природно-техногенного режиму підземних вод в зоні впливу розробки родовища вапняків. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). Т. 1. С. 98–103.
3. Садовенко І.О., Загриценко А.М., Деревягіна Н.І. Обґрунтування варіантів екологічного захисту шахтного поля в умовах відновлення рівнів підземних вод. *Збірник наукових праць НГУ*. 2020. № 62–06. С. 65–76.
4. McDonald M.G. and Harbaugh A.W. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report. 1984. 83–875. 528 p.
5. Рудаков Д.В. Моделювання в гідрогеології [Текст]: навч. посібник. *Національний гірничий університет*. 2011. 88 с.
6. Sherstuk Y., Perkova T. & Demchenko U., Three-dimensional model creation of ground water seepage in mining zones (Kryvyi Rih iron ore basin). *New Techniques and Technologies in Mining – Bondarenko, Kovalevs'ka & Dychkovs'kyu (eds)*. 2011. P. 181–185.
7. Тимошук В.І., Шерстюк Є.А. Комплексна оцінка стану гідротехнічних споруд Ладжинської ТЕС у зв'язку з їх реконструкцією. *Національний гірничий університет. Збірник наукових праць*. 2022. С. 120–132.

8. Tymoshchuk V., Sherstiuk Y., Morozova T. Analysis of patterns of the open-pit mine water influx formation in the conditions of the Inhulets iron ore deposit using a three-dimensional geofiltration model. *E3S Web of Conferences. Ukrainian School of Mining Engineering*. 2018. Vol. 60.

REFERENCES:

1. Tarabarova, S.B., Stankevych, V.V. (2018). Zabrudnennia vody pidzemnykh vodonosnykh horzontiv pry ekspluatatsii khvostos-khovyshch hirnycho-zbahachuvalnykh kombinativ Kryvbasu [Water contamination of underground aquifers during the operation of tailing dumps at mining and processing plants in Kryvbas]. *Hihiiena naselenykh mist – Hygiene of residential areas*. 68. 70–75. [in Ukrainian].

2. Zahrytsenko, A.M. (2019). Formuvannia pryrodno-tekhnohennoho rezhymu pidzemnykh vod v zoni vplyvu rozrobky rodovyshcha vapniakiv [Formation of natural and anthropogenic groundwater mode in the influence zone of mining of limestone deposit]. *Ekolohichni nauky – Environmental sciences*. 1 (24). (1). 98–103. [in Ukrainian].

3. Sadovenko I.O., Zahrytsenko, A.M., Derevyahina N.I. (2020). Obgruntuvannia variantiv ekolohichnoho zakhystu shakhtnoho polia v umovakh vidnovlennia rivniv pidzemnykh vod [Substantiation of variants of environmental protection of a mine field in the context of groundwater level recovery]. *Zbirnyk naukovykh prats NHU – Collection of scientific works of NMU*. 62–06. 65–76. [in Ukrainian].

4. McDonald M.G. and Harbaugh A.W. (1984). A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report. 83–875. 528 p.

5. Rudakov D.V. (2011). Modeliuvannia v hidroheolohii [Simulation in hydrogeology]. *Natsionalnyi hirnychiy universytet – National Mining University*. P. 88. [in Ukrainian].

6. Sherstuk Y., Perkova T. & Demchenko U. (2011). Three-dimensional model creation of ground water seepage in mining zones (Kryvyi Rih iron ore basin). *New Techniques and Technologies in Mining – Bondarenko, Kovalevs'ka & Dychkovs'kyi (eds)*. 181–185.

7. Tymoshchuk V.I., Sherstiuk Ye.A. (2022). Kompleksna otsinka stanu hidrotekhnichnykh sporud Ladyzhynskoi TES u zv'iazku z yikh rekonstruktsiieiu. [Comprehensive assessment of the conditions of hydrotechnical structures at Ladyzhynska TPP in terms of their reconstruction]. *Natsionalnyi hirnychiy universytet. Zbirnyk naukovykh prats – National Mining University. Collection of scientific papers*. 120–132. [in Ukrainian].

8. Tymoshchuk V., Sherstiuk Y., Morozova T. (2018). Analysis of patterns of the open-pit mine water influx formation in the conditions of the Inhulets iron ore deposit using a three-dimensional geofiltration model. *E3S Web of Conferences. Ukrainian School of Mining Engineering*. Vol. 60.

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	3
Андрюшенко Т. Ю. Класифікації моделей застосування машинного навчання у кібербезпеці	3
Антоненко А. В., Бенедіко І. В., Вічкарук А. І., Лисенко К. В., Сижко О. Ю. Архітектура та основні архітектурні рішення СППР в управлінні партнерськими відносинами видавничо-поліграфічних підприємств.....	11
Антоненко А. В., Бондаренко Є. С., Каньшин К. В., Степанчук В. І., Ланевський Л. А. Класифікація та особливості збору даних у системах підтримки прийняття управлінських рішень	23
Бугаєва І. Г. Реалізація Saga з використанням шаблону Outbox.....	32
Завгородній В. В., Завгородня Г. А., Валявська Н. О., Даріков Д. О. Розробка додатку для формування тестових завдань з граматики англійської мови на основі нейронних технологій	40
Kasianchuk I. V. The model of intelligent orchestration of web services using the example of statistical research.....	48
Москаленко В. В., Вербатю К. Є. Архітектура програмної системи для інтелектуального асистента служби юридичної підтримки.....	54
Москаленко В. В., Кріпак С. А. Дослідження методів машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних.....	61
Paulin O. M., Nikitchenko M. I. Selection of a computational process modeling tool for improving software quality	69
Рехлецький Є. А., Аніловська Г. Я., Костирко В. С., Бабич В. І. Проблеми ліцензування програмного забезпечення як складова кризи національної освіти.....	79
Яковчук О. К. Побудова швидкої та легкої рекурентної нейронної мережі для вирішення задачі розпізнавання рукописних жестів	87
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	94
Горач О. О., Вихованець Р. М. Особливості виробництва томатної пасты в умовах продовольчої безпеки.....	94
Дзюндзя О. В., Горач О. О., Резвих Н. І. Дослідження впливу ультразвукового обладнання на безпечність майонезу	102
Дзюндзя О. В., Епанов С. С. Перспективи розширення асортименту кондитерської продукції функціонального призначення	110
Єсауленко А. А., Мамченко Л. Є., Нєміріч О. В., Кузьмін О. В., Матіяшук О. В. Удосконалення технології кексів з продуктами переробки насіння конопель	118
Колєснікова М. Б., Юрченко С. Л., Черемська Т. В., Миколєнко М. А. Розроблення технології заморожених десертів з використанням елементів молекулярної кулінарії (Pacotizing).....	127
Нєміріч О. В., Павлюченко О. С., Матіяшук О. В., Крикунова А. В. Використання рисового напою у технології цибулевого супу-пюре	137
Новікова Н. В., Сумська О. П., Шумілов В. М. Оцінка фізико-хімічних та органолептичних показників якості при виготовленні маринованих курячих крилець.....	147

Приліпко Т. М., Косташ В. Б., Семенов О. М., Підлісний В. В. Визначення гігроскопічних властивостей та термодинамічний аналіз рибних об'єктів кріоконсервування	154
Приліпко Т. М., Кузьмінська І. М. Фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості напівфабрикату фаршированої риби з різними білковими добавками	161
Резвих Н. І. Аналіз сучасних напрямів водопідготовки питної високоякісної води та зразки технологічних схем	168
Скульська І. В., Цісарик О. Й., Гуменецький М. М. Розроблення технології м'якого сиру з мигдалем	173
Соломон А. М. Науково-практичні підходи до молочних продуктів функціонального призначення.....	181
Стукальська Н. М., Златєва К. В. Дослідження функціонально-технологічних властивостей безглютенової сировини	192
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	200
Деменюк О. М., Шульга С. А., Бабич І. М. Застосування залізовмісних коагулянтів для очищення річкової води у холодну пору року	200
Тимошук В. І., Загриценко А. М., Шерстюк Є. А., Чушкіна І. В., Деревягіна Н. І. Прогноз гідродинамічного та гідрогеохімічного режимів підземних вод в умовах проектного будівництва та експлуатації хвостосховища.....	208

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Andriushchenko T. Yu. Architecture and basic architectural solutions of DSS in the management of partnership relations of publishing and printing enterprises.....	3
Antonenko A. V., Benediko I. V., Vikarchuk A. I., Lysenko K. V., Syzhko O. Yu. Classifications of machine learning application models in cyber security	11
Antonenko A. V., Bondarenko E. S., Kanshyn K. V., Stepanchuk V. I., Lanevskiy L. A. Classification and features of data collection in administrative decision support systems.....	23
Buhaieva I. H. Saga implementation using the Outbox pattern	32
Zavgorodnii V. V., Zavgorodnya A. A., Valiavska N. O., Darikov D. O. Development of an addendum for the formation of test questions from the grammar of English language based on neural technologies	40
Kasianchuk I. V. The model of intelligent orchestration of web services using the example of statistical research.....	48
Moskalenko V. V., Verbato K. E. Architecture of the software system for intelligent assistant of legal support service.....	54
Moskalenko V. V., Kripak S. A. Research of machine learning methods for the analysis and forecasting of procurement data	61
Paulin O. M., Nikitchenko M. I. Selection of a computational process modeling tool for improving software quality	69
Rekhletsyy E. A., Anilovska A. Ya., Kostyrko V. S., Babych V. I. Software licensing problems as a component of the national education crisis	79
Yakovchuk O. K. Construction of a fast and lightweight recurrent neural network for the handwritten gesture recognition task.....	87
FOOD TECHNOLOGY	94
Gorach O. O., Vykhovanets R. M. Features of the production of tomato pasta in the conditions of food safety.....	94
Dzyundzya O. V., Gorach O. O., Rezvykh N. I. Research of the influence of ultrasonic equipment on the quality of mayonnaise	102
Dzyundzya O. V., Epanov S. S. Prospects for expanding the range of functional purpose confectionery products.....	110
Yesaulenko A. A., Mamchenko L. E., Niemirich O. V., Kuzmin O. V., Matyiaschuk O. V. Improving the technology of cupcakes with hemp seed processing products.....	118
Kolesnikova M. B., Iurchenko S. L., Cheremska T. V., Mykolenko M. A. Development of frozen dessert technology using elements of molecular cooking (Pacotizing)	127
Niemirich O. V., Pavlyuchenko O. S., Matiyaschuk O. V., Krykunova A. V. Improvement of the onion puree soup technology	137
Novikova N. V., Sumska O. P., Shumilov V. M. Assessment of physical-chemical and organoleptic quality indicators in the manufacture of marinated chicken wings.....	147

Prylipko T. M., Kostash V. B., Semenov A. M., Pidlisnyj V. V. Determination of hygroscopic properties and thermodynamic analysis of fish objects of cryopreservation.....	154
Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Physico-chemical and structural-mechanical indicators of the quality of the semi-finished product of stuffed fish with various protein additives.....	161
Rezvykh N. I. Analysis of modern trends in water treatment of drinking high-quality water and samples of technological schemes.....	168
Skulska I. V., Tsisaryk O. Y., Humenetskii M. M. Development of the technology of soft cheese with almond	173
Solomon A. N. Scientific and practical approaches to dairy products for functional purpose.....	181
Stukalska N. M., Zlatieva K. V. Study of functional and technologican properties of gluten-free raw materials	192
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	200
Demenyuk O. M., Shulga S. A., Babych I. M. Application of iron-containing coagulants for purification of river water in the cold season.....	200
Tymoshchuk V. I., Zahrytsenko A. M., Sherstiuk Ye. A., Chushkina I. V., Derevyahina N. I. The forecast of the hydrodynamic and hydrogeochemical modes under conditions of designed tailing construction and operation	208

НОТАТКИ

Таврійський науковий вісник

Випуск 4

Технічні науки

Підписано до друку 09.10.2023 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 18,03. Зам. № 1023/658

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
Україна, м. Одеса, 65101, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.