



2022

НАУКОВІ ПРАЦІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 28 № 5

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2022

in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal "Scientific Works of National University of Food Technologies" is included into the list of professional editions of Ukraine of technical (specialties — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) and economic sciences (specialties — 051, 073, 075), category "B" (Decree of MES of Ukraine #975 from July 11, 2019), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal "Scientific Works of National University of Food Technologies" is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B, room 412
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 3 from 27th of October, 2022

© NUFT, 2022

розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних (спеціальності — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) та економічних наук (спеціальності — 051, 073, 075), категорія «Б» (Наказ МОН України № 975 від 11.07.2019), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 3 від 27 жовтня 2022 р.

© НУХТ, 2022

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Oleksandr Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Анастасія Шевченко

Anastasiia Shevchenko

канд. техн. наук, доц., Україна

Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Члени редакційної колегії:

Агота Гєдре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics, Lithuania

Атанаска Тенєва

Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія

Ph. D. Hab., As. Prof., University of Food Technologies, Bulgaria

Анатолій Заїнчковський

Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Анатолій Ладанюк

Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Андрій Маринін

Andrii Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. сп., Україна

Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Браян Мак Кенна

Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія

Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

Валерій Мирончук

Valerii Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Василь Кишенько

Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна

Ph. D., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Василь Пасічний

Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

В'ячеслав Івашук

Vyacheslav Ivaschuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Віктор Стабніков

Viktor Stabnikov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine

Галина Колісник

Halyna Kolisnyk

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine

Галина Поліщук Halyna Polishchuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Герхард Шльонінг Gerhard Schleining	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
Дайва Лескаускайте Daiva Leskauskaite	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Ірина Штулер Iryna Shtuler	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
Кристина Сильва Cristina L.M. Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лада Шірінян Lada Shirinyan	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Лариса Арсеньєва Larisa Arsenyeva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Луцька Nataliia Lutska	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Гавва Oleksandr Gavva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Кургаєв Oleksandr Kurgaev	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Дерев'янка Olena Derevianko	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Стабнікова Olena Stabnikova	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Паола Піттія Paola Pittia	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
Володимир Ковбаса Volodymyr Kovbasa	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Літвинчук Svitlana Litvynchuk	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Сергій Чумаченко Serhii Chumachenko	д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна Ph. D. Hab., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	д-р наук, проф., Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, the Netherlands

Шевченко О. Ю., Сімахіна Г. О., Маринін А. І. 7
Так усе починалось...

Безпека харчових продуктів

Болгова Н. В. Міжнародна комунікація в 16
питаннях безпечності харчових продуктів

Механічна та електрична інженерія

Михайлов В. М., Загорулько А. М., Загоруль- 26
ко О. Є., Ляшенко Б. В., Ібаєв Е. Б. Розроб-
ка апарата для смаження м'ясних січених
кулінарних виробів

Ткаченко С. В., Штангеев К. О., Стичинсь- 36
кий Є. В., Хомічак Л. М. Визначення швид-
кості фільтрування суспензій у цукровій
промисловості

Самілик М. М. Технологічне та апаратурне 46
забезпечення осмотичної дегідратації ягід
бузини

Харчові технології

Мельник О. П., Шевченко О. Ю., Маринін А. І., 54
Літвинчук С. І. Фальсифікація меду і методи
її виявлення

Михалевич А. П., Поліщук Г. Є., Осьмак Т. Г., 63
Кузьмик У. Г. Визначення оптимальних па-
раметрів процесу визрівання сумішей нежир-
ного кисломолочного морозива з β -глюка-
ном вівса

Сукманов В. О., Николаєнко Д. А. Досліджен- 74
ня властивостей печива із суміші пшенич-
ного та амарантового борошна з додаван-
ням екстракту трави змієголовника молдав-
ського

Сімахіна Г. О. Кріоушкодження рослинних 88
структур при заморожуванні і методи кріо-
протекції: теоретичні аспекти

Авдєєва Л. Ю., Турчина Т. Я., Макарен- 97
ко А. А., Декуша Г. В. Грибні порошки для
виробництва м'ясопродуктів

Цісарик О. Й., Мусій Л. Я., Коваль Г. М., Слив- 105
ка І. М. Розроблення технології йогурту з
геродієтичними властивостями

Успенко О. В., Білько М. В., Кучеренко В. М. 118
Оцінка якості безалкогольного вина, виго-
товленого шляхом дистиляції

Юкало В. Г., Крупа О. М., Сторож Л. А. Ек- 127
спрес-аналіз казеїнів коров'ячого молока

Food products safety

Bolgova N. International communication in is-
sues of food safety

Mechanical and Electrical Engineering

Mikhaylov V., Zahorulko A., Zagorulko A., Lia-
shenko B., Ibaiev E. Development of appara-
tus for frying meat chopped culinary products

Tkachenko C., Shtanheiev K., Stychynskiy E.,
Khomichak L. Determination of the filtration
speed suspensions in the sugar production

Samilyk M. Technological and hardware sup-
port of osmotic dehydration of elder berries

Food Technologies

Melnyk O., Shevchenko O., Marynin A., Lit-
vynchuk S. Honey adulteration and methods
for its detection

Mykhalevych A., Polischuk G., Osmak T., Kuz-
myk U. Determination of optimal parameters
of ripening process in the production of low-
fat sour milk ice cream with oat β -glucan

Sukmanov V., Nikolaenko D. Study of the
properties of cookies made from a mixture of
wheat and amaranth flour with the addition of
the extract of the herb of Moldavian dragon's
head

Simakhina G. Cryogenous damage of plant struc-
tures during freezing: theoretical aspects

Avdeieva L., Turchyna T., Makarenko A., De-
kusha H. Mushroom powders for meat pro-
ducts manufacturing

Tsisaryk O., Musii L., Koval H., Slyvka I. De-
velopment of yogurt technology with herodie-
tic properties

Uspalenko O., Bilko M., Kucherenko V. Eva-
luation of the quality of alcohol-free wine pro-
duced by distillation

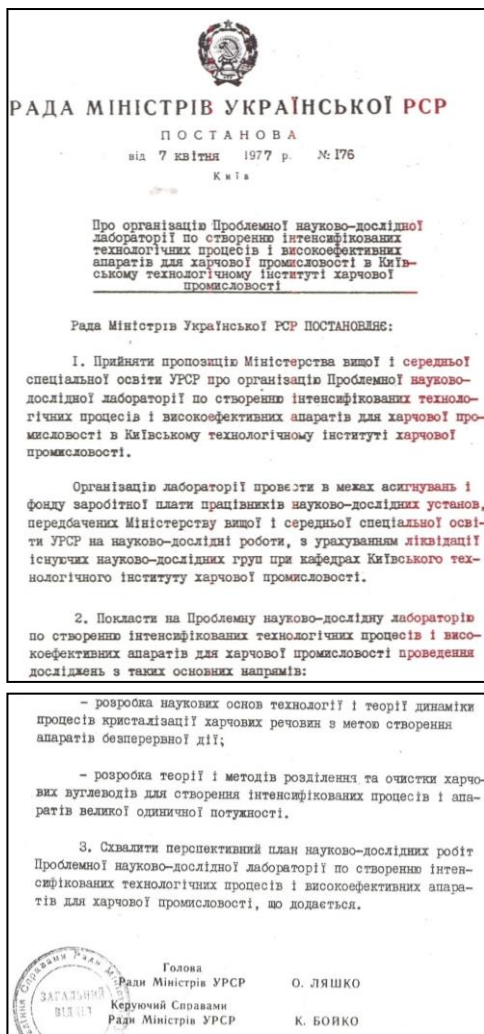
Yukalo V., Krupa O., Storozh L. Express ana-
lysis of cow milk caseins

- Слободянюк Н. М., Баль І. М., Лебський С. О.* 136 *Slobodyaniuk N., Bal I., Lebskyi S.* Prospects
Перспективи технологій переробки прісно- of freshwater fish processing technologies
водних риб
- Іжевська О. П., Маслійчук О. Б.* 148 *Izhevskaya O., Maslichuk O.* Innovations in the
технології виготовлення збитих десертів technology of the manufacturing whipped des-
serts
- Висоцький О. О., Кочубей-Литвиненко О. В.* 158 *Vysotskyi O., Kochubei-lytvynenko O.* The
Вплив пірогенного кремнезему на стабіль- influence of pyrogenic silica on the stability of
ність сироватки молочної сухої під час збе- dry milk whey during storage
рігання

ТАК УСЕ ПОЧИНАЛОСЬ...

О. Ю. Шевченко, Г. О. Сімахіна, А. І. Маринін

Національний університет харчових технологій



7 квітня 1977 року — День Святого Благовіщення і дата організації Проблемної науково-дослідної лабораторії в структурі Київського технологічного інституту харчової промисловості. Таким чином було виконано постанову Ради Міністрів Української РСР № 176 і відповідного наказу Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти Української РСР № 139 від 05.05.1977.

Уже тоді відкриття ПНДЛ саме в День Святого Благовіщення пророкувало великий успіх, великі досягнення, реалізацію існуючих і народження високих ідей цієї нової структури у складі КТХП. Так і сталося...

Відремонтоване і продумане до найменших подробиць приміщення, скляні стіни і двері наповнювали лабораторію простором, повітрям, світлом. Справжній імпресіонізм. І так само, як імпресіонізм у мистецтві, лабораторія випромінювала життєву енергію через ентузіазм своїх перших співробітників — науковців та їхніх послідовників.

І так само, як імпресіонізм прокладав нові шляхи у мистецтві, Проблема лабораторія проклала і прокладає нові шляхи в науці, залишаючись центром фундаментальних, експериментальних і пошукових досліджень в університеті. Назавжди в історії лабораторії залишаються її ідеологи та наукові керівники, видатні вітчизняні вчені — про-

Схвалений постановою Ради Міністрів УРСР від 7 квітня 1977 р. № 176 <u>ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПЛАН</u> науково-дослідних робіт Проблемної науково-дослідної лабораторії по створенню інтенсифікованих технологіч- них процесів і високоєфективних апаратів для харчової промисловості в Київському технологічному інституті харчової промисловості	
Зміст роботи	Строк викон. /рік/
1. Розробити наукові основи технології і теорії динаміки процесів кристалізації цукру та створити високоєфективні апарати безперервної дії	1980
2. Розробити теорії і методи розділення багатоконпонентних систем спиртового виробництва та створити брагостигіляційні установки потужністю 10 тис. дал на добу	1979
3. Вивчити теоретичні основи масообміну для створення високоєфективних екстракторів та розробити способи підвищення виходу цукру із сировини, що переробляється на діглич діфузійних апаратах	1978
4. Розробити технологічні основи перетворення вуглеводів і створити автоматизовані апарати великої одиничної потужності для виробництва пивоварного і квасного солоду	1979
5. Вдосконалити технологічні і теплоенергетичні схеми харчових виробництв та створити випарні апарати для цукрових заводів потужністю 9-12 тис. тонн переробки буряків на добу	1980
6. Розробити наукові основи технології, макрокінетики, динаміки процесів очищення соку, одержаного дифузійним методом, і створити на цій основі високоєфективні апарати великої одиничної потужності	1979
7. Дослідити і розробити методи одержання сахарози та інших харчових вуглеводів шляхом синтезу і гідролізу високомолекулярних солодів	1980

фесор Всеволод Миколайович Стабніков та академік Іван Степанович Гулий. А в самій історії ПНДЛ яскраво відобразилась історія розвитку харчової та переробної промисловостей і пов'язаних з ними інших галузей економіки, починаючи з вісімдесятих років минулого століття і донині.

З точки зору ретроспективи за час своєї діяльності ПНДЛ настільки істотно розширила масштаби досліджень, постановку важливих загальнодержавних проблем і їх вирішення, що далеко вийшла за межі покладених на неї в 1977 році Радою Міністрів УРСР завдань:

- розроблення наукових основ технології і теорії динаміки процесів кристалізації харчових речовин з метою створення апаратів безперервної дії;
- розроблення теорії і методів розді-

лення та очистки харчових вуглеводів для створення інтенсифікованих процесів і апаратів великої одиничної потужності.

Об'єктивне обґрунтування такому твердженню достатньо сформулювати на основі аналізу основних напрямів діяльності ПНДЛ, які, користуючись сучасною науковою термінологією, є інноваційними. Хоча на час створення лабораторії у вітчизняній теорії та практиці ще не вживались такі категорії, як інновації, нововведення, інноваційна діяльність тощо.

У той час, як на Заході теорії інноваційного розвитку вивчались, аналізувались і вдосконалювались, в Україні, як і в усіх країнах колишнього СРСР, теорії інновацій вважались антикласовими. У 80-ті роки минулого століття в індустріально розвинених країнах світу теорію інтенсифікації замінила теорія інноваційних процесів як підґрунтя нової моделі економічного зростання.

І ця нова модель прозоро окреслюється тематикою досліджень, які розпочала лабораторія уже на етапі свого становлення і розвитку.

Насамперед ідеться про цикл досліджень зі створення харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення. Під керівництвом академіка І. С. Гулого, професорів Л.Д. Бобрівника і М.С. Карповича було розроблено та створено енерго- і ресурсощадні технології комплексного перероблення рослинної сировини (топінамбуру, буряків, фруктів, ягід тощо) на готові продукти та напівфабрикати для отримання харчових продуктів масового споживання (консервів, соусів, паст, напоїв), а також спеціальних композицій радіопротекторної дії, продуктів для харчування дітей, людей із порушеним обміном речовин і діабетом, при захворюваннях серцево-судинної системи, для боротьби з атеросклерозом, для людей, що проживають в екологічно несприятливих зонах. Так, було здійснено:

- розроблення комплексної безвідходної технології переробки топінамбура з використанням біоконверсії з метою одержання продуктів лікувально-профілактичного призначення (1998 р.);
- розроблення технології оздоровчих продуктів харчування, збагачених соловидними екстрактами та рослинними антиоксидантами (2002 р.);
- дослідження можливості використання високомолекулярних полісахаридів як сировини для упаковки продуктів функціонального призначення (2001 р.);
- розроблення технології харчових концентратів функціонального спрямування (2004 р.);
- розроблення технології нових видів харчової клітковини оздоровчої та профілактичної дії, збагаченої рослинними біологічно активними речовинами (2002 р.);
- розроблення технології продуктів та напівпродуктів лікувально-профілактичного призначення на основі CO₂ — екстрактів (2003 р.);
- розроблення науково обгрунтованої технології виробництва та зберігання свіжозамороженої плодоовочевої продукції з використанням кріопротекторів (2007 р.).

Завдяки виконаній у ПНДЛ під керівництвом професора Л. Д. Бобрівника та академіка І. С. Гулого затвердженій Держхарчпромом України науково-технічній програмі «Топінамбур» Україна стала однією з перших країн світу, у якій створена нова галузь харчової промисловості — виробництво інуліну та харчових продуктів профілактично-лікувального призначення з його використанням.

У результаті двадцятирічної співпраці науковців КТІХП та спеціалістів Інституту ендокринології і обміну речовин МОЗ України було встановлено, що саме інулін, який синтезується і накопичується в бульбах топінамбуру, відповідальний за яскраво виражену фізіологічну активність цієї культури.

Л. Д. Бобрівник очолив дослідження з розроблення технологій інуліну та харчових продуктів профілактично-лікувального призначення. Дослідження просторової будови інуліну, його фізико-хімічних властивостей, фізіологічної активності здійснювалось із залученням класичних фізико-хімічних методів, а потім і методів комп'ютерної хімії.

Вперше у вітчизняній науці з топінамбуру було виділено високополімерний інулін, на молекулярному рівні з'ясовано його особливості, розроблено способи підвищення біологічної активності й доведено, що сфера використання інуліну необмежена: дібрано відповідні полімергомологи інуліну та розроблено метод утворення комплексу інулін-інсулін. Одержано нові сполуки, досліджено їхні фізико-хімічні властивості; вивчено просторову структуру та електронні характеристики фруктанів, побудовано їх комп'ютерні моделі; встановлено можливості утворення асоціатів різної хімічної природи; показано принципову можливість підвищення вмісту високомолекулярних вуглеводів завдяки обробленню розробленими новими способами бульб топінамбуру.

У лабораторії виконувались і виконуються ґрунтовні теоретичні дослідження, які стають базою для практичної реалізації всіх інноваційних розробок.

Так, під керівництвом І. С. Гулого та А. І. Українця створено теоретичні основи електротехнологій харчових продуктів, проведено експериментальні дослідження в лабораторних, напівпромислових і промислових умовах. Розроблені технології та апарати було впроваджено у виробництво. Теоретично й експери-

ментально досліджено колективні ефекти від взаємодії електромагнітних полів з клітинними структурами та їх вплив на склад, фізико-хімічні властивості рослинної тканини і структуру технологічних середовищ; встановлено механізм електроплазмолізу біосистем, зокрема кінетики пробою та умов його виникнення. Розроблено нові способи імпульсного електроплазмолізу рослинної тканини та інтенсифіковано процес екстрагування біокомпонентів із вторинної сировини.

Також під керівництвом І. С. Гулого та Л. С. Дегтярьова вивчено механізм активації води електромагнітним полем за допомогою Раман-спектроскопії. Було встановлено, що активована електромагнітним полем вода модифікує структуру певної частини аквакомплексів, ефект пам'яті, що проявляється при гідратації різноманітних молекул-зондів. Розглянуто вплив активації водних систем електромагнітним полем на механізм кислотного гідролізу глікозидних зв'язків у цукрозі, протопектині та інших полісахаридах.

Дослідження процесів гідратації, комплексо- та селеутворення полісахаридів з метою отримання якісних харчових продуктів (2000 р.). Під керівництвом І. С. Гулого та Г. О. Сімахіної вивчено закономірності взаємодії мінеральних елементів з точки зору синергізму та антагонізму, ефекту їх накопичення у мінеральній сировині, що забезпечило створення композицій з вибірковою накопиченням мікроелементів для профілактики і лікування мікроелементозів.

Вивчення механізмів біонакопичення мікроелементів у рослинній сировині для отримання мінералізованих функціональних харчових добавок (2003 р.). Під керівництвом проф. А.І. Українця було отримано нові дані щодо електронної та просторової будови моноцукрів жовтого цукру, здійснено порівняльні дослідження певних видів цукрів із точки зору визначення енергії зв'язку між окремими складовими:

Вивчення механізмів перетворень біокомпонентів цукровмісної сировини при фізико-хімічних впливах для створення геронтологічно цінних продуктів (2007 р.). Під керівництвом Л. С. Дегтярьова та Г. О. Сімахіної вивчено об'ємні властивості води, які суттєво впливають на маршрути біохімічних процесів в живому організмі, встановлено коефіцієнти мікров'язкості талої і звичайної води, які показали значно вищу впорядковану організацію молекул талої води, що визначає її цінність для організму людини; визначено будову гідратних структур і термодинамічні характеристики для побічних продуктів цукробурякового виробництва. Ці дані використано при розробленні оздоровчих харчових продуктів: «Дослідження впливу структурних властивостей води та розчинів біологічно активних речовин на процеси метаболізму (2004 р.)».

Навіть цей невеликий перелік наукових досліджень у ПНДЛ за минулі роки дає змогу зробити висновок, що всі вони уособлювали характерну прикмету сучасного етапу економічно розвинених передових країн світу — інноваційний шлях розвитку, в основі якого лежить цілеспрямований процес пошуку, підготовки і реалізації інновацій, які підвищують ефективність суспільного виробництва, в нашому випадку — виробництва нових харчових продуктів із поліпшеними характеристиками.

Тобто вже від початку свого заснування Проблемна науково-дослідна лабораторія стала на інноваційний шлях відповідно до основних положень теорії інновацій Йозефа Шумпетера.

Йозеф Шумпетер — австро-американський економіст і соціолог, який визначив термін «інновації» як здійснення нових комбінацій. У своїй праці «Теорія економічного розвитку» вчений зазначив, що «з технічної або економічної точки зору здійснювати інновації — означає комбінувати нові речі і сили, що є в нашому розпорядженні». У поняття «здійснення нових комбінацій» науковець включив п'ять положень, які склали **теорію Шумпетера**:

- виготовлення нового, тобто ще невідомого споживачам виробу або надання нової якості тому чи іншому виробу;
- впровадження нового, ще невідомого методу (способу) виробництва;
- освоєння нового ринку збуту, тобто такого ринку, на якому певний продукт ще не був представлений;
- отримання нового джерела сировини або напівфабрикатів;
- проведення нових організаційних реформ.

Більшість досліджень, які виконувались і виконуються у ПНДЛ в період з 1977 року та донині, містять всі ознаки зазначених положень теорії інновацій. Тобто створюються принципово нові технології продуктів масового і спеціального призначення, надаються нові якості традиційним харчовим продуктам, впроваджуються у виробництво нові технології.

Свого часу такими перспективними технологіями стали низькотемпературна, дезінтеграційна, електроімпульсна тощо.

Створення наукових основ технологічних процесів відновлення води до її природного структурно-енергетичного стану (2017 р.). Під керівництвом А. І. Українця та Ю. В. Большака були розпочаті дослідження зі створення наукових основ технологій відновлення води до її природного структурно-енергетичного стану для подальшого використання у виробництві харчових продуктів, лікарських засобів, питної води систем водопостачання, виробництва фасованих питних і мінералізованих вод.

Наукові засади розроблення ресурсоощадних технологій білоквісних поліфункціональних концентратів для харчових продуктів цільового призначення (2017 р.). Під керівництвом Кочубей-Литвиненко О. В. науково обґрунтовано та розроблено ресурсоощадні технології білоквісних поліфункціональних концентратів на основі раціоналізації використання сухої молочної сироватки, іншої білоквісної сировини тваринного і рослинного походження та технології їх зберігання і використання для харчових продуктів цільового призначення.

Науково-технічні засади створення енергоефективних, багатофункціональних пакувальних машин харчових продуктів на основі неоднорідної системи мехатронних модулів (2017 р.). Під керівництвом проф. Гавви О. М. розроблено науково-технічні засади створення енергоефективних, багатофункціональних пакувальних машин харчових продуктів на основі неоднорідної системи мехатронних модулів.

Інтенсифікація енерго- і масообмінних процесів у культуральних середовищах бродильних і мікробіологічних виробництв в умовах осциляцій фізичних і осмотичних тисків (2017 р.). Під керівництвом проф. Шевченка О. Ю. та проф. Соколенка А. І. було створено технологічні і технічні передумови підвищення продуктивності систем зброджування цукровмістких середовищ та їх ефективності на основі використання внутрішніх енергетичних потенціалів та

інтенсифікації енерго- і масообмінних процесів і розробка пропозицій щодо впровадження на промисловому рівні.

Комплексна оцінка та шляхи підвищення конкурентоспроможності страхового ринку України в контексті європейської інтеграції (2017 р.). Під керівництвом Шірінян Л. В. було вирішено комплексну проблему, пов'язану з розвитком конкуренції на страховому ринку і забезпеченням високого рівня конкурентоспроможності страхового ринку України в умовах євроінтеграційних процесів.

Наукові засади розроблення технологій і зберігання накованої харчової продукції з використанням смарт-упаковки (2015 р.). Під керівництвом проф. Пасічного В. М. та Мариніна А. І. було розроблено нові та вдосконалено існуючі технології з використанням смарт-упаковки, елементів активного пакування, нанокompозитів, натуральних екстрактів та антиоксидантів.

Технологія харчової продукції функціонального призначення для військовослужбовців (2015 р.). Під керівництвом проф. Сімахіної Г. О. було розроблено технології харчової продукції функціонального призначення для військовослужбовців.

Наукові основи та теоретичне обґрунтування інноваційного процесу екстрагування біологічно-активних речовин із виноградних вищавок субкритичною водою (2015 р.). Під керівництвом проф. Зав'ялова В. Л. та проф. Сукманова В. М. розроблено наукові основи та проведено теоретичне обґрунтування інноваційного процесу екстрагування БАР із ВВ субкритичною водою та експериментально підтверджено достовірність теоретичних положень.

Технології продуктів функціонального призначення на основі м'ясної сировини з використанням багатокомпонентних композицій цільового призначення (2015 р.). Під керівництвом проф. Пасічного В. М. розроблено та здійснено комплексну оцінку функціональних харчових продуктів на підставі методології паритету потреб, харчової комбінаторики і сучасних даних наукових теорій нутриціології, що має надзвичайно важливе соціально-економічне значення в сучасних умовах.

Наукові засади розроблення інноваційних технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності та термінів їх зберігання. Під керівництвом Білик О. А. розроблені технології хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності, які подовжують термін їх зберігання з використанням комплексних хлібопекарських поліпшувачів із нетрадиційної сировини, харчових добавок зі статусом GRAS.

Фізіологічні основи регуляції мікробного синтезу як підґрунтя для створення біотехнологій комплексних препаратів зі стабільними поліфункціональними властивостями (2016 р.). Під керівництвом проф. Пирог Т. П. визначені фізіологічні основи регуляції мікробного синтезу для одержання комплексних препаратів зі стабільними заданими властивостями залежно від галузі їх практичного застосування.

Ідентифікація, оцінка якості та безпечності харчової продукції сенсорними системами із штучним інтелектом (2015 р.). Під керівництвом проф. Арсеньєвої Л. Ю. досліджено особливості сорбції летких речовин різних груп харчових продуктів на масивах п'єзосенсорів, розроблено способи та методики

виявлення фальсифікації харчової продукції за леткими ідентифікаційними критеріями, інструментальної органолептичної оцінки, експрес-способи оцінки якості та безпечності продукції з використанням сенсорних систем з методологією «електронний ніс», «електронне око». Також розроблено алгоритми обробки даних хеометричними методами.

Хімічний дизайн біологічно активних сполук на основі нітрогеновмісних похідних флавоноїдів (2019 р.). Під керівництвом Бондаренко С. П. проведено пошук і розроблено нові підходи до кон'югації нітрогеновмісних фрагментів з флавоноїдами, а також визначено шляхи хімічних перетворень основ Манніха, які дають змогу ввести в молекули ізофлавонів, кумаринів та ауронів нові фармакофорні замісники або ж одержати нові гетероциклічні системи на основі бензопіронового чи бензофуранонового ядра.

Технології рослинних олій із нетрадиційної сировини з використанням ферментних» (2017 р.). Під керівництвом Носенко Т. Т. було вирішено, на підставі теоретичних припущень і результатів експериментальних досліджень, важливі для науки та харчової промисловості проблеми оптимізації процесу вилучення олій з м'ятки олійної сировини з використанням іммобілізованих ферментних препаратів.

Особлива увага в університеті приділялась формуванню комплексних міжвузівських проєктів, завдання яких полягало передусім у тому, що проблема на вирішення якої спрямовується проєкт, вивчається всесторонньо, із використанням різних наукових методів, способів, підходів, гіпотез тощо.

Разом із науковцями Херсонського національного технічного університету реалізовано комплексний проєкт ***«Дослідження впливу високоенергетичної дискретної обробки на процес отримання якісного вовняного жиру з вовняної води» (2014 р.).*** Під керівництвом проф. Пасічного В. М. та Мариніна А. І. досліджено ефекти та закономірностей високоенергетичної дискретної обробки на ліпидовмісній системі.

Комплексний проєкт ***«Розроблення технологій мікророзділення у процесах концентрування та очищення біологічних рідин»*** реалізовано у співпраці з дослідниками Харківського державного університету харчування і торгівлі (2015 р.). Під керівництвом проф. Мирончука В. Г. розроблено та науково обґрунтовано раціональні режими і технології мембранного розділення для концентрування біологічних рідин, водопідготовки та очищення стічних вод для підприємств харчової промисловості.

Комплексний проєкт ***«Інноваційна технологія обробки харчових середовищ високоенергетичним дискретним впливом».*** Головна організація Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (2015 р.). Під керівництвом Мариніна А. І. та Олішевського В. В. розроблено технології на основі комплексу енергоощадних високоенергетичних дискретних впливів для подовження терміну зберігання харчових продуктів і очищення води.

Комплексний проєкт ***«Теоретичні основи розробки робастно-оптимальних систем керування складними технологічними об'єктами та комплексами в умовах невизначеності».*** Головна організація Центральноукраїнський національний технічний університет (2015 р.). Під керівництвом проф. Ладанюка А. П. розроблялися методи автоматизованого проєктування системи автоматичного

управління багатозв'язними багатовимірними нелінійними нестационарними технологічними об'єктами на основі експериментальних даних.

Вперше в історії ПНДЛ виконується дослідження науковою групою провідних молодих вчених університету під керівництвом Кузьмик У. Г. *«Реалізації ресурсозберігаючих методів модифікації функціонально-технологічних характеристик молочної сироватки в технологіях харчових продуктів цільового призначення» (2020 р.)*. Проєкт спрямований на наукове обґрунтування методів цільової модифікації функціонально-технологічних властивостей молочної сироватки та розроблення ресурсозберігаючих технологій її використання в комплексі з білоквмісною рослинною і тваринною сировиною та мікроелементозними збагачувачами для харчових продуктів цільового призначення.

Завдяки науковим здобуткам, актуальності отриманих результатів Проблемна науково-дослідна лабораторія гідно представляє наш університет на численних міжнародних і всеукраїнських симпозіумах, конференціях, виставках, присвячених питанням збереження і перероблення сільськогосподарської сировини, розроблення нових високоякісних харчових продуктів, у тому числі профілактичної та лікувальної дії.

Лабораторію оснащено сучасними установками, приладами, пристроями. Протягом останніх десяти років база ПНДЛ поповнилась приладами, які дають змогу організувати наукову діяльність на високому рівні. Серед них варто виділити: аналізатор розмірів частинок і молекул та дзета-потенціалу Zetasizer Nano ZS, аналізатор активності води HygroLab 2, аналізатор якості молока Ekomilk-Бонд, ультразвуковий гомогенізатор bandelinsonopulshd 2070, роторний гомогенізатор T 18 basic ULTRA-TURRAX ® Package, ротаційна центрифуга MPW-223e, інкубатор з охолодженням HETTCUBE 400R, ANDREAS HETTICH, баня ультразвукова SonorexSuper RK100H, фотометр багатопараметровий портативний Palintest 7500, pH/ORP-метр лабораторний pH 2700, термореактор Tubetests Heater /PT 589/ Palintest, стаціонарний оксиметр Eutech DO 2700, pH-метр/іоніметр Seven Compact S220-Kit, маслопрес ПШУ-4, установки для електрофізичних методів оброблення харчових продуктів та напівпродуктів, установку для обробки води та багато інших.

На сьогодні основні завдання ПНДЛ як центру наукових досліджень університету такі:

- проведення фундаментальних досліджень згідно з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки та виконання прикладних розробок за напрямками науково-технічної діяльності;
- підтримка існуючих і формування нових наукових шкіл;
- підтримка наукових досліджень молодих вчених, спеціалістів і обдарованих студентів, залучення їх до діючих наукових шкіл;
- участь у підготовці в НУХТ кваліфікованих фахівців, наукових і науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації на основі новітніх досягнень науково-технічного прогресу;
- ефективне використання наукового і науково-технічного потенціалу університету для вирішення пріоритетних завдань оновлення виробництва та проведення соціально-економічних перетворень.

За період діяльності ПНДЛ її співробітники підготували і захистили 15 докторських дисертацій, 80 кандидатських дисертацій, видали 43 монографії, отримали більше 795 патентів України, опублікували більше 2500 статей у фахових виданнях, у тому числі зареєстрованих у науково-метричних базах даних Scopus і Web of Science, отримали 9 державних премій в галузі науки і техніки України.

У виконанні тематики ПНДЛ беруть активну участь професорсько-викладацький склад, здобувачі, аспіранти університету.

Ще одним надзвичайно важливим практичним втіленням наукових здобутків лабораторії стало відкриття в 1999 р. освітньої спеціальності «Технології харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення». Численні дослідження показали, що фахівців у галузі збереження здоров'я слід готувати в нашому університеті, залучаючи до цієї роботи науковців-медиків, оскільки на сьогодні наука і практика однозначно довели, що саме від фізіологічно обґрунтованого, раціонального, безпечного харчування на 70...80% залежить стан здоров'я населення, долі людей і майбутнє країни.

І вперше в Україні наш університет почав підготовку фахівців принципово нового покоління. Ідея відкриття цієї спеціальності полягає в підготовці професіоналів у галузі здорового харчування на основі об'єднання найвагоміших досягнень сучасної харчової промисловості, з відповідним рівнем культури й технології харчування, медичних знань про роль харчових продуктів у функціонуванні організму людини.

Навчально-методичне забезпечення для підготовки здобувачів значною мірою ґрунтувалось на тих напрацюваннях і здобутках, які отримали співробітники ПНДЛ. Тож стратегія університету у створенні в Україні індустрії здорового харчування була започаткована на стратегічних напрямках фундаментальних і прикладних досліджень Проблемної науково-дослідної лабораторії.

Очевидний факт — найбільш важливою, ефективною і результативною є наукова ідея, час якої настав. Її втілення почалось 7 квітня 1977 року, коли лабораторія зробила перші кроки у велику науку. Тривалий час ПНДЛ працювала на свій імідж. Сьогодні імідж уже працює на неї. Тож нехай примножуються всі її добрі справи, її авторитет, зростають досягнення і реалізуються найзаповітніші мрії керівництва і співробітників нашої лабораторії! В добру путь!

INTERNATIONAL COMMUNICATION IN ISSUES OF FOOD SAFETY

N. Bolgova

Sumy National Agrarian University

Key words:

*Traceability
Communication
Safety
food product
Salmonella
INFOSAN
Standardization*

Article history:

Received 20.09.2022
Received in revised form
03.10.2022
Accepted 12.10.2022

Corresponding author:

N. Bolgova

E-mail:

natalia.bolhova@snau.edu.
ua

ABSTRACT

The health of the nation directly depends on the quality and safety of food products. Given the global trend, food poisoning is most often observed in countries with low consumer awareness of a safe product. This, in turn, leads to the appearance of diseases caused by such products. However, it is impossible to claim that other countries do not face such a threat. Periodically, there is information about an outbreak of an infectious disease caused by the food product. Therefore, there was a need to quickly inform about the event, its characteristics and research methods. The development of communication between different countries is actively supported by the WHO, international food safety organizations, and experts. In 2016, the CAC revised the principles for the exchange of information through INFOSAN, tracking at all stages, competence of experts. During the outbreak of *Salmonella enteritidis* infection in 3 European countries, general access to information exchange systems, protocols, procedures was offered. The effectiveness of international communication is possible only when all countries apply the same requirements to the manufacturer. Support of government officials, international communication, agreed roles and responsibilities of all participants became an element of effective interaction and activity of INFOSAN. The outbreak of *Salmonella* Heidelberg in Ireland has confirmed the importance of awareness. The investigation was based on epidemiological, microbiological and ecological studies, information of restaurateurs, vendors. Communication and information exchange made it possible to stop the spread of the infection. The traceability of the consumer-food establishment-enterprise-producer food chain led experts to the source. A similar situation occurred in Australia, Canada, Great Britain, Denmark, Australia, France, Italy and other countries. The scientists emphasized the importance of the participation of international stakeholders who understand the need for open communication among the countries of the world. Concerted action led to a timely response, improved public health and prevented similar outbreaks in the future.

Analyzing the work of INFOSAN, it can be concluded that it was possible to reduce the distance between each participating country and create a single food security community.

МІЖНАРОДНА КОМУНІКАЦІЯ В ПИТАННЯХ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Н. В. Болгова

Сумський національний аграрний університет

Здоров'я нації безпосередньо залежить від якості та безпечності харчових продуктів. З огляду на світову тенденцію, отруєння харчовими продуктами найчастіше спостерігається в країнах з низькою обізнаністю споживача про безпечний продукт. Це, у свою чергу, призводить до появи хвороб, спричинених такими продуктами. Однак стверджувати, що інші країни не стикаються з такою загрозою, не можна. Періодично з'являється інформація про спалах інфекційного захворювання, викликаного харчовим продуктом, тому виникла потреба швидкого інформування про подію, її характер та методи дослідження. Розвиток комунікації між різними країнами активно підтримується ВООЗ, міжнародними організаціями з безпечності харчових продуктів, експертами. У 2016 р. САС переглянула принципи обміну інформацією через INFOSAN, відстеження на всіх етапах, компетентності експертів. Під час спалаху інфекції *Salmonella enteritidis* у трьох європейських країнах запропоновано загальний доступ до систем обміну інформацією, протоколів, процедур. Ефективність міжнародної комунікації можлива лише тоді, коли всі країни застосують однакові вимоги до виробника. Підтримка урядовців, міжнародна комунікація, узгоджені ролі та обов'язки всіх учасників стали елементом ефективної взаємодії та діяльності INFOSAN. Спалах *Salmonella Heidelberg* в Ірландії підтвердив важливість інформування. Розслідування гуртувалося на епідеміологічних, мікробіологічних та екологічних дослідженнях, інформації рестораторів, реалізаторів. Спількування, обмін інформацією дали змогу зупинити розповсюдження інфекції. Простежуваність харчового ланцюга споживач-заклад харчування-підприємство-виробник вивела експертів на джерело. Схожі ситуації сталися в Австралії, Канаді, Великій Британії, Данії, Австралії, Франції, Італії та інших країнах. Науковці підкреслили важливість участі міжнародних зацікавлених сторін, які розуміють потребу відкритого спілкування між країнами світу. Злагоджені дії призвели до своєчасного реагування, покращення охорони здоров'я та запобігання подібним спалахам у майбутньому. Аналізуючи роботу INFOSAN, можна зазначити, що вона скоротила відстань між кожною країною-учасницею та створила єдину спільноту з безпечності харчових продуктів, яка дає змогу своєчасно обмінюватися інформацією щодо управління ризиками безпечності харчових продуктів. Зросла роль розробки та стандартизації методів, що використовуються для порівняння філогенетичної інформації та інформації про мережу постачання їжі. Це дасть змогу використати ці методи в майбутніх міжнародних спалахах.

Ключові слова: простежуваність, комунікація, безпечність, харчовий продукт, *Salmonella*, INFOSAN, стандартизація.

Постановка проблеми. Безпечність їжі — важливий фактор здоров'я людини. Відомо, що небезпечна їжа викликає та провокує гострі, хронічні захворювання у всьому світі (Savelli та ін., 2021; WHO. Food Safety, 2022), які можуть закінчитися смертю. У 2015 р. Всесвітня організація охорони здоров'я повідомила про перші результати аналізу харчових захворювань (WHO. Global burden of foodborne disease report, 2015). Близько сорока відсотків випадків захворювань харчового походження були зафіксовані у дітей до п'яти років (WHO. Global burden of foodborne disease report, 2015). Найбільший відсоток людей, які страждають від небезпечних харчових продуктів припадає на країни третього світу (WHO. Global burden of foodborne disease report, 2015; WHO. International Health Regulations (IHR). IHR core capacities, 2022), завдаючи шкоди здоров'ю, перешкоджаючи розвитку економіки (WHO. Advancing food safety initiative: strategic plan for food safety including foodborne zoonoses 2013—2022, 2013).

Хворобам, пов'язаними з небезпечними харчовими продуктами, можна запобігти профілактичними, скоординованими діями системи контролю харчових продуктів. З цієї метою організації, відповідальні за безпечність харчових продуктів, мають працювати узгоджено, будуючи сильну та стійку систему контролю безпечності харчових продуктів (WHO. Advancing food safety initiative: strategic plan for food safety including foodborne zoonoses 2013—2022, 2013). Вони повинні швидко виявляти, розслідувати, реагувати та інформувати про події, пов'язані з безпечністю харчових продуктів (WHO. Guidance document for the state party self-assessment annual reporting tool, 2018).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загроза вживання небезпечних харчових продуктів вимагає міжнародної координації. Інформування дасть змогу локалізувати небезпечний фактор до того, як він стане міжнародною загрозою. Хоча такі події відбуваються відносно рідко, події меншого масштабу виникають регулярно, щоразу охоплюючи кілька країн (FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2018/2019, 2020; Savelli, Bradshaw, Ben Embarek, & Mateus, 2019). Такі події демонструють недосконалість систем контролю безпечності харчових продуктів. Усі небезпеки не усуваються, не завжди можна запобігти їх потраплянню до споживача.

Отже, важливість чітких процедур управління, інформування та міжнародна узгодженість, безсумнівно, є питанням номер один продовольчої безпеки.

На початку 2000-х років, за сприяння ВООЗ, спостерігаємо розвиток міжнародних комунікацій з обміну інформацією про патогени та забруднювачі харчового походження. Аналіз доступних застосовуваних міжнародних комунікацій показав, що вони ефективні лише в певних контекстах (FAO/WHO. INFOSAN Activity Report, 2013; 2014; 2016; 2018; 2020).

Мета дослідження: аналіз різних засобів комунікації під час міжнародних заходів з безпечності харчових продуктів, а також інструментів і механізмів міжнародного спілкування під час заходів з безпеки харчових продуктів.

Матеріали і методи. Для досягнення мети обрано метод огляду й аналізу доказів з низки джерел і досліджень (Pawson, Greenhalgh, Harvey, & Walshe, 2005; Wong, Greenhalgh, Westhorp, Buckingham, & Pawson, 2013). Враховані соціальні, культурні, інституційні, історичні та екологічні фактори, що впливають на реалізацію комунікацій (Pawson, Greenhalgh, Harvey, & Walshe, 2005).

Викладення основних результатів дослідження. Країни-експортери, як і країни-імпортери, зацікавлені в тому, щоб продукти харчування були безпечними, задовольняли потреби споживача. Економічна складова безпосередньо залежить від якості, безпечності й обміну інформацією про харчовий продукт.

Міжнародні медико-санітарні правила (ММСП (2005)), які були прийняті членами ВООЗ, зобов'язали їх створити мінімальну кількість основних національних можливостей для захисту громадського здоров'я та сприяти реалізації глобальної безпеки охорони здоров'я (Nuttall, Miyagishima, Roth, & de La Rocque, 2014). INFOSAN став ефективним інструментом, забезпечуючи юридичний супровід координації подій, які можуть спричинити надзвичайну ситуацію в галузі охорони здоров'я, зокрема через небезпечну їжу (Nuttall, Miyagishima, Roth, & de La Rocque, 2014).

У 2016 р. Комісія Кодексу Аліментаріус (Codex Alimentarius Commission) переглянула «Принципи та вказівки щодо обміну інформацією в надзвичайних ситуаціях безпеки харчових продуктів» (CAC/GL 19-1995) з огляду на INFOSAN (FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2016/2017, 2018), визнаючи її важливу роль у швидкому обміні інформацією між країнами в надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з безпекою харчових продуктів. У ЄС оператори ринку харчових продуктів, в тому числі імпортери, зобов'язані за законом гарантувати відстеження на всіх етапах. Ця вимога викладена в Регламенті ЄС 178/2002, де встановлюються загальні принципи та вимоги законодавства про харчові продукти (Inns та ін., 2017). Отже, національні органи влади з різних країн та/або регіонів пов'язані угодами, правовими рамками, що зобов'язують, заохочують використовувати різні засоби міжнародної комунікації. Швидкий і змістовний обмін інформацією залежить від компетентності експертів.

На прикладі комунікацій під час спалаху інфекції *Salmonella enteritidis* (2015 р.), яка вразила три європейські країни, запропоновано, щоб інформація, доступ до систем був максимальним для експертів. Запропоновано розробити та використовувати чіткі вказівки щодо завантаження інформації, протоколів, процедур (Parn, Dahl, Lienemann, Perevosikovs, & De Jong, 2017). Зауважимо, що ефективність міжнародної комунікації буде можлива лише тоді, коли країни застосують цю вимогу до виробника на законодавчому рівні. Підтримка урядовців, міжнародна комунікація, узгоджені ролі та обов'язки всіх учасників стали елементом ефективної взаємодії та діяльності INFOSAN (Nuttall, Miyagishima, Roth, & de La Rocque, 2014).

Спалах інфекції харчового походження *Salmonella Heidelberg*, що стався в Ірландії у 2016 р., підтвердив важливу роль інформації про розслідування та контроль спалаху. Група з розслідування цього випадку використала епідеміологічні, мікробіологічні та екологічні дослідження, а також інформацію від ресторанів, які реалізовували продукцію. Своєчасний обмін інформацією дав змогу зупинити розповсюдження інфекції. Простежуваність харчового ланцюга споживач-заклад харчування-підприємство-виробник вивела експертів на джерело інфекції (Rebolledo та ін., 2014).

Схожа ситуація сталася в 2001 р. в Австралії, Канаді та Великій Британії. Завдяки простежуваності харчового ланцюга експертами з безпечності, злагодженій дії лабораторій, поширенню електронних протоколів досліджень було

швидко виявлено та зупинено спалах інфекції *Salmonella Stanley* від імпортного арахісу з Азії (Kirk та ін., 2004).

Багатонаціональні заходи з безпечності харчових продуктів визначають потреби і вимоги до співпраці та спілкування через кордони, а також підкреслюють той факт, що безпечність харчових продуктів іноді є прихованою проблемою, на яку часто не звертають уваги, за винятком кризи. Постійні зусилля для підвищення обізнаності про важливість безпечності харчових продуктів, як проблеми громадського здоров'я з акцентом на профілактику, необхідні на всіх рівнях суспільства та урядів (Chan, 2014).

Аналіз розслідування спалаху інфекційного захворювання, викликаного *Shigella sonnei* в Данії та Австралії імпортованою молодого кукурудзою з Таїланду, підтверджує важливу роль міжнародної комунікації, обміну інформацією. Науковці підкреслили важливість участі міжнародних зацікавлених сторін, які розуміють потребу відкритого спілкування між країнами світу. В результаті злагоджені дії призвели до своєчасного реагування, покращення охорони здоров'я та запобігання подібним спалахам у майбутньому (Lewis та ін., 2009).

Спалах норовірусної інфекції, викликаний вживанням устриць в Італії та Франції, призвів до великої кількості випадків захворювань. Міжнародна співпраця між лабораторіями мала вирішальне значення для швидкої обробки, аналізу даних і тлумачення результатів, оскільки не було очевидним, що один продукт може бути причиною норовірусу в різних випадках (Le Guyader та ін., 2006).

Міжнародне співробітництво та комунікація між австралійською та японською владою в 2003—2004 рр. мали вирішальне значення для відстеження, відкликання, локалізації небезпечного м'яса устриць. Почали з опитування споживачів, які зверталися в лікарню з характерними симптомами. Після аналізу результатів експерти з безпечності харчових продуктів Австралії звернулися до імпортерів щодо надання інформації про місце купівлі та дати виробництва. В результаті злагодженої роботи, швидкого інформування та реагування виробники відкликали решту небезпечного продукту (Webby та ін., 2007).

Спалах інфекції *Salmonella Enteritidis*, яка зачепила понад вісімнадцять європейських країн з 2015 по 2018 рр., вдалося зупинити завдяки міжнаціональному обміну даними та інформацією в режимі реального часу через різні інформаційні системи. Спалах був пов'язаний з польським виробником яєць (Pijnsacker та ін., 2019). Етап з визначення джерела інфекції був тривалим, оскільки чіткого розуміння небезпечного продукту в експертів з безпечності не було. Лише деталізація в опитуваннях постраждалих дала бажаний результат. Більшість харчувалися в закладах громадського харчування і в їх раціоні були продукти з яйцем. Перевірка ресторанів привела міжнародну групу експертів до постачальника, на потужностях якого було підтверджено наявність *Salmonella Enteritidis*. Аби не міжнародний обмін інформацією, масштаби спалаху були б значно більші (Pijnsacker та ін., 2019).

Спалах сальмонельозу в 2012 р. в Новій Зеландії, а потім у США, завдяки обміну інформацією про штам, був наслідком споживання турецького тахіні з сальмонелою (Paine та ін., 2014). INFOSAN передало міжнародним партнерам отриману інформацію. В результаті Туреччина відкликала продукт ще з 13 країн-експортерів. Інформація INFOSAN дала змогу органам з безпечності харчових

продуктів запобігти подальшим спалахам, захистити здоров'я населення. Без обміну інформацією у міжнародному масштабі цей захід не відбувся б, а інформація з управління ризиками для захисту здоров'я населення, не набула б поширення (FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2013, 2014).

Дослідження наголошують на необхідності створення та підтримки мережі обміну інформацією по всьому світу. Комунікація забезпечить швидкий обмін інформацією між органами регулювання безпечності харчових продуктів у світі під час надзвичайних ситуацій. Обмін інформацією надає країнам відомості про інфекції, що виникають, допомагає розробляти стратегії контролю для запобігання захворюванням (Webby, 2007). Всесвітня організація охорони здоров'я розробила нову електронну Міжнародну мережу органів безпеки харчових продуктів, що дає змогу обмінюватися інформацією про безпечність харчових продуктів та інциденти, пов'язані із забрудненням (Webby, 2007). Міжнародна мережа органів з безпечності харчових продуктів є корисним інструментом для надання допомоги країнам у поширенні інформації про продукти, що викликають спалахи хвороб харчового походження.

У різних частинах світу розроблено різноманітні регіональні комунікаційні інструменти для об'єднання національних органів влади з країн, які мають спільну мову, географічне розміщення або інші чинники, що сприяють відчуттю спільноти, як спільна правова система та схожі рівні розвитку, суспільні та культурні норми, промислова структура. Аналізуючи роботу INFOSAN, можна зазначити, що вона скоротила відстань між кожною країною-учасницею та створила єдину спільноту з безпечності харчових продуктів, яка дає змогу своєчасно обмінюватися інформацією щодо управління ризиками безпечності харчових продуктів (FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2013, 2014).

Робота експертів з безпечності харчових продуктів не обмежується збором інформації та аналізом, важливим є розробка стандартних методів дослідження. Такої думки дійшли спеціалісти під час розслідування міжнародних спалахів захворювань харчового походження, оскільки існує зв'язок при порівнянні даних про різні випадки захворювання. Стандартизація молекулярних методів порівняння штамів харчових бактерій відіграла важливе значення (O'Brien та ін., 2016) під час розслідування випадків *Salmonella* в Італії та Угорщині (2009—2010 рр.). Впровадження стандартизованих протоколів типізації штамів *Salmonella* між людськими та ветеринарними лабораторіями було критично важливим для гіпотез можливого зоонозного зв'язку спалаху в обох країнах до ланцюжка виробництва свинини (Scavia та ін., 2013).

Під час дослідження спалаху *Salmonella* у європейських країнах у 2014 р., пов'язаного з яйцями, експерти використали міжнародний досвід з комунікації та обміну інформацією, об'єднали дані аналізів генома з інформацією про розповсюдження продукту, що полегшило детальне дослідження джерела інфекції та інформування про управління ризиками.

Дослідники підкреслили необхідність подальшої роботи з розробки та стандартизації методів, що використовуються для порівняння філогенетичної інформації та інформації про мережу постачання їжі, щоб уможливити використання цих методів у майбутніх міжнародних спалахах, допомогти визначити джерела та

керувати впровадженням заходів контролю для запобігання подальшому поширенню хвороб (Dallman та ін., 2016).

Важливим фактором стандартизованого, легкого, швидкого обміну й аналізу даних між установами різних країн є цифровий характер даних (Dallman та ін., 2016). Після спалаху інфекції *Salmonella* у кількох європейських країнах у 2000 р., пов'язаної з салатом, експерти акцентували важливість стандартизованих протоколів для молекулярного типування та наголосили на необхідності спільних мереж обміну електронними молекулярними даними в режимі реального часу (Lindsay та ін., 2002). Стандартизація протоколів, перевірочних досліджень, програм контролю якості та безпечності, розробки баз даних і навчальних матеріалів є критично важливим елементом для мереж національних і регіональних мереж лабораторій (PulseNet International) з метою полегшення обміну даними та інформацією на міжнародному рівні, впровадження спостереження WGS для глобальних хвороб харчового походження (Nadon та ін., 2017). Крім того, ECDC сприяв стандартизації методів MLVA для *Salmonella*, яка є найбільш поширеною інфекцією в ЄС (ECDC. Laboratory standard operating procedure for multiple-locus variable-number tandem repeat analysis of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis, 2016). Стандартні методи полегшили виявлення транскордонного поширення сальмонели через заражені яйця з Польщі, про що було повідомлено через RASFF, EPIS-FWD та PulseNet International (Pijnacker та ін., 2019).

Використання даних епідеміологічних, лабораторних досліджень харчових продуктів і клінічних зразків, а також даних та інформації, отриманих у ході зворотного або прямого відстеження, є невід'ємною частиною розслідування подій, пов'язаних з безпечністю харчових продуктів, і підтримує використання міжнародних засобів зв'язку про спалахи (Gossner, & Severi, 2014; O'Brien та ін., 2020; Scavia та ін., 2017; Kinross та ін., 2014). Застосування такого підходу вимагає співпраці між експертами, секторами, організаціями та національними кордонами для підтримки дедалі складніших проблем охорони здоров'я, включаючи міжнародні заходи з безпечності харчових продуктів (Errecaborde та ін., 2019). Однак процеси, пов'язані з плануванням і впровадженням міжгалузевих дій, є складними, і кожній країні необхідно розробити або переглянути власну стратегію міжгалузевих дій, яка може підтримувати використання міжнародних інструментів комунікації під час реагування на події безпечності харчових продуктів (Savelli, Abela-Ridder, & Miyagishima, 2013).

Використання міжнародних комунікаційних інструментів для обміну інформацією під час міжнародних заходів з безпечності харчових продуктів дає змогу детально документувати міжнародні агенції, щоб повністю зрозуміти масштаб конкретного заходу з безпечності харчових продуктів. Детальна документація може допомогти під час запису отриманих результатів і обміну найкращими практиками з широкою аудиторією, щоб запобігти подібним подіям у майбутньому.

Дослідники (Crowe, Mahon, Vieira, & Gould, 2015; Donnan та ін., 2009) наголошують на важливості співпраці між урядом і промисловістю, коли йдеться про способи вдосконалення практики, правила безпечних харчових продуктів і запобігання майбутнім спалахам.

Висновки

Отже, якщо країна зацікавлена в імпорті або експорті харчових продуктів, має технічну інфраструктуру для виявлення зразків, пов'язаних з безпечністю харчових продуктів, і керується регіональними та/або глобальними законами й правилами, що стосуються контролю харчових продуктів і глобальної безпеки охорони здоров'я, лише тоді будуть конкретні результати. Ці механізми, враховуючи довіру, досвід, підтримку, обізнаність, розуміння, стандартизацію, міжгалузеву співпрацю, сприятимуть досягненню результатів високого рівня використання інструментів комунікації для передачі інформації за кордон та потенційного діапазону результатів щодо запобігання хворобам харчового походження.

Література

- Chan, M. (2014). Food safety must accompany food and nutrition security. *Lancet*, 384 (9958), 1910—1. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62037-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62037-7).
- Crowe, S. J., Mahon, B. E., Vieira, A. R., & Gould L. H. (2015). Vital signs: multistate foodborne outbreaks — United States, 2010-2014. *MMWR-Morb Mortal Wkly Rep*, 64(43), 1221—5. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6443a4>.
- Dallman, T., Inns, T., Jombart, T., Ashton, P., Loman, N., Chatt, C., & Cleary P. (2016). Phylogenetic structure of European *Salmonella Enteritidis* outbreak correlates with national and international egg distribution network. *Microbial Genomics*, 2 (8), e000070. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000070>.
- Donnan, E. J., Fielding, J. E., Gregory, J. E., Lalor, K., Rowe, S., Goldsmith, P., & Vally H. (2012). A multistate outbreak of hepatitis a associated with semidried tomatoes in Australia, 2009. *Clin Infect Dis*, 54 (6), 775—81. <https://doi.org/10.1093/cid/cir949>.
- ECDC. Laboratory standard operating procedure for multiple-locus variable-number tandem repeat analysis of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis. (2016). Взято з: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/laboratory-standard-operating-procedure-multiple-locus-variable-number-tandem>.
- Errecaborde, K. M., Macy, K. W., Pekol, A., Perez, S., O'Brien, M. K., Allen, I., Pelican, K. (2019). Factors that enable effective one health collaborations — a scoping review of the literature. *PLoS One*, 14 (12), e0224660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224660>.
- FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2011/2012. (2013). Взято з: <http://www.who.int/foodsafety/publications/activity-report-2012/en/>.
- FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2013. (2014). Взято з: <http://www.who.int/foodsafety/publications/activity-report-2013/en/>.
- FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2014/2015. (2016). Взято з: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/246204/1/9789241510592-eng.pdf>.
- FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2016/2017. (2018). Взято з: https://www.who.int/foodsafety/publications/INFOSAN_Activity_Report_2016-17_EN.PDF?ua=1.
- FAO/WHO. INFOSAN Activity Report 2018/2019. (2020). Взято з: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240006928>.
- Gossner, C. M., & Severi, E. (2014). Three simultaneous, food-borne, multi-country outbreaks of hepatitis A virus infection reported in EPIS-FWD in 2013: what does it mean for the European Union? *Euro Surveill*, 19 (43), 20941. doi: 10.2807/1560-7917.es2014.19.43.20941.
- Inns, T., Ashton, P. M., Herrera-Leon, S., Lighthill, J., Foulkes, S., Jombart, T., & Vivancos, R. (2017). Prospective use of whole genome sequencing (WGS) detected a multi-country outbreak of *Salmonella Enteritidis*. *Epidemiology and Infection*, 145 (2), 289—298. doi:10.1017/S0950268816001941.
- Kinross, P., van Alphen, L., Urtaza, J. M., Struelens, M., Takkinen, J., Coulombier, D., & Gossner, C. (2014). Multidisciplinary investigation of a multicountry outbreak of *Salmonella Stanley* infections associated with Turkey meat in the European Union, august 2011 to January 2013. *Euro Surveill*, 19 (19), 20801. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.19.20801>.

- Kirk, M. D., Little, C. L., Lem, M., Fyfe, M., Genobile, D., Tan, A., & Fisher, I. S. T. (2004). An outbreak due to peanuts in their shell caused by *Salmonella enterica* serotypes Stanley and Newport — sharing molecular information to solve international outbreaks. *Epidemiol Infect*, 132 (4), 571—7. <https://doi.org/10.1017/S095026880400216X>.
- Le Guyader, F. S., Bon, F., DeMedici, D., Pamaudeau, S., Bertone, A., Crudeli, S., & M. Ruggeri, F. (2006). Detection of multiple noroviruses associated with an international gastroenteritis outbreak linked to oyster consumption. *J Clin Microbiol*, 44 (11), 3878—82. <https://doi.org/10.1128/JCM.01327-06>.
- Lewis, H. C., Ethelberg, S., Olsen, K. E., Nielsen, E. M., Lisby, M., Madsen, S. B., & Mølbak, K. (2009). Outbreaks of *Shigella sonnei* infections in Denmark and Australia linked to consumption of imported raw baby corn. *Epidemiology and Infection*, 137 (3), 326—334. doi:10.1017/S0950268808001829.
- Lindsay, E. A., Lawson, A. J., Walker, R. A., Ward, L. R., Smith, H. R., Scott, F. W., ... Threlfall, E. J. (2002). Role of Electronic Data Exchange in an International Outbreak Caused by *Salmonella enterica* Serotype Typhimurium DT204b. *Emerging Infectious Diseases*, 8 (7), 732—734. <https://doi.org/10.3201/eid0807.010414>.
- Nadon, C., Van Walle, I., Gerner-Smidt, P., Campos, J., Chinen, I., Concepcion-Acevedo, J. ... Carleton, H. (2017). FWD-NEXT Expert Panel. Pulse Net International: Vision for the implementation of whole genome sequencing (WGS) for global food-borne disease surveillance. *Euro Surveill*, 8, 22 (23), 30544. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.23.30544>.
- Nuttall, I., Miyagishima, K., Roth, C., & de La Rocque, S. (2014). The United Nations and one health: the international health regulations (2005) and global health security. *Scientific & Technical Review*, 33 (2), 659—68. <https://doi.org/10.20506/rst.33.2.2303>.
- O'Brien, S., Garvey, P., Baker, K., Brennan, M., Cormican, M., Cuddihy, J., ... McKeown P. J. (2020). Investigation of a foodborne outbreak of *Shigella sonnei* in Ireland and Northern Ireland, December 2016: the benefits of cross-border collaboration and commercial sales data. *Public Health*, 182, 19—25. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.01.008>.
- Paine, S., Thornley, C., Wilson, M., Dufour, M., Sexton, K., Miller, J., ... Mackereth, G. (2014). An outbreak of multiple serotypes of *Salmonella* in New Zealand linked to consumption of contaminated tahini imported from Turkey. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11 (11), 887—92. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1773>.
- Pam, T., Dahl, V., Lienemann, T., Perevoschikovs, J., & De Jong, B. (2017). Multi-country outbreak of *Salmonella enteritidis* infection linked to the international ice hockey tournament. *Epidemiol Infect*, 145 (11), 2221—30. <https://doi.org/10.1017/S0950268817001212>.
- Pawson, R., Greenhalgh, T., Harvey, G., & Walshe, K. (2005). Realist review — a new method of systematic review designed for complex policy interventions. *J Health Serv Res Policy*, 10 (1), 21—34. <https://doi.org/10.1258/1355819054308530>.
- Pijnacker, R., Dallman, T. J., Tijlma, A. S. L., Hawkins, G., Larkin, L., Kotila, S. M., ... Franz, E. (2019). An international outbreak of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis linked to eggs from Poland: a microbiological and epidemiological study. *Lancet Infect Dis*, 19 (7), 778—86. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30047-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30047-7).
- Rebolledo J., Garvey P., Ryan A., O'Donnell J., Cormican M., Jackson S., ... McKeown P. (2014). International outbreak investigation of *Salmonella* Heidelberg associated with in-flight catering. *Epidemiology and Infection*, 142 (4), 833—42. <https://doi.org/10.1017/S0950268813001714>.
- Savelli, C. J., Abela-Ridder, B., & Miyagishima, K. (2013). Planning for rapid response to outbreaks of animal diseases transmissible to humans via food. *Rev Sci Tech Off Int Epizoot*, 32 (2), 469—77. <https://doi.org/10.20506/rst.32.2.2248>.
- Savelli, C. J., Bradshaw, A., Ben Embarek, P., & Mateus, C. (2019). The FAO/WHO international food safety authorities network in review, 2004—2018: learning from the past and looking to the future. *Foodborne Pathog Dis*, 16 (7), 480—8. <https://doi.org/10.1089/fpd.2018.2582>.
- Savelli, C. J., Garcia Acevedo, R. F., Simpson, J. & Mateus C. (2021). The utilisation of tools to facilitate cross-border communication during international food safety events, 1995—2020: a realist synthesis. *Global Health*, 17, 65. <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00715-2>.

Scavia, G., Alfonsi, V., Taffon, S., Escher, M., Bruni, R., Medici, D., ... Rizzo, C. (2017). A large prolonged outbreak of hepatitis a associated with consumption of frozen berries, Italy, 2013—14. *J Med Microbiol*, 66 (3), 342—9. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000433>.

Scavia, G., Ciaravino, G., Luzzi, I., Lenglet, A., Ricci, A., Barco, L., ... Dionisi, A. M. (2013). A multistate epidemic outbreak of *Salmonella* Goldcoast infection in humans, June 2009 to march 2010: the investigation in Italy. *Eurosurveillance*, 18 (11), 20424. <https://doi.org/10.2807/ese.18.11.20424-en>.

Webby, R. J., Carville, K. S., Kirk, M. D., Greening, G., Ratcliff, R. M., Crerar, S. K., ... Hall, G. (2007). Internationally distributed frozen oyster meat causing multiple outbreaks of norovirus infection in Australia. *Clinical Infectious Diseases*, 44 (8), 1026—31. <https://doi.org/10.1086/512807>.

WHO. Advancing food safety initiative: strategic plan for food safety including foodborne zoonoses 2013—2022. (2013). Взято з: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/101542>.

WHO. Food Safety. (2022). Взято з: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/en/>.

WHO. Global burden of foodborne disease report. (2015). Взято з: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/200046/WHO_FOS_15.02_eng.pdf.

WHO. Guidance document for the state party self-assessment annual reporting tool. (2018). Взято з: https://extranet.who.int/sph/sites/default/files/document-library/document/WHO-WHE-CPI-2018.17-eng_1.pdf.

International Health Regulations (IHR). IHR core capacities. (2022). Взято з: <https://www.emro.who.int/international-health-regulations/about/ihr-core-capacities.html>.

Wong, G., Greenhalgh, T., Westhorp, G., Buckingham, J., & Pawson, R. (2013). RAMESES publication standards: realist syntheses. *BMC Med*, 11 (1), 21. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-21>.

DEVELOPMENT OF APPARATUS FOR FRYING MEAT CHOPPED CULINARY PRODUCTS

V. Mikhaylov, A. Zahorulko, A. Zagorulko, B. Liashenko, E. Ibaiev

State Biotechnological University

Key words:

Frying device

*Chopped meat culinary
products*

Film-shaped electric heater

Article history:

Received 14.09.2022

Received in revised form
29.09.2022

Accepted 17.10.2022

Corresponding author:

A. Zahorulko

E-mail:

zagorulko.andrey.nikolae
vich@gmail.com

ABSTRACT

Providing the equipment with modern operational requirements it is important to use innovative engineering trends that will ensure the resource efficiency and competitiveness of the equipment while simultaneously expanding the range of received products. Development of a model design of an apparatus for frying meat chopped culinary products, which differs in the method of heat supply by replacing metal-intensive and inertial heaters with non-inertial ones with a uniform distribution of the temperature field by a film-like resistive electronic heater of the radiating type. To condense juice-containing vapors in functionally closed media, plate coil liquid coolers with Peltier elements are used. At the temperature of the heating surfaces (180 °C), the cold side of the Peltier element provides a coolant temperature of up to 10 °C. The proposed solution will lead to the competitiveness of the device, which is explained by the obtained technical and operational indicators.

The developed device provides temperature of 90 °C in the center of the product and 130 °C on the surface layers in 300 seconds, which characterizes the culinary readiness of meat products. When making samples in the traditional way, the surface layer is heated to 120 °C, and the central layer — to 72 °C, at the temperature of the contact surface (160 °C) for 180 s with the formation of a crust. In addition, the difference between the opposite layers of the control sample — 85 °C, confirms the uneven heating during frying in the traditional way, which is explained by the need to use auxiliary operations for turning the product. The proposed equipment and technological solutions will allow to increase the resource efficiency of the device for frying meat chopped culinary products, ensuring the competitiveness of the device and will allow to obtain original meat products.

РОЗРОБКА АПАРАТА ДЛЯ СМАЖЕННЯ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ

В. М. Михайлов, А. М. Загорулько, О. Є. Загорулько, Б. В. Ляшенко,
Е. Б. Ібаєв

Державний біотехнологічний університет

Сучасні експлуатаційні вимоги вимагають використання інженерних тенденцій, які дають змогу забезпечити ресурсоефективність і конкурентоспроможність обладнання з одночасним розширенням асортименту отримуваної продукції. Розробка модельної конструкції апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів відрізняється способом теплопідведення шляхом заміни металоемних та інерційних нагрівачів на безінерційні з рівномірним розподілом температурного поля плівкоподібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу. Для конденсації соковмісних парів у функціонально замкнутих середовищах використовуються пластинчасті змієвикові рідинні охолоджувачі з елементами Пельтьє. При температурі нагрівальних поверхонь (180°C) холодна сторона елемента Пельтьє забезпечує температуру охолоджуючої рідини до 10°C . Запропоноване рішення призведе до конкурентоспроможності апарата, що пояснюється отриманими техніко-експлуатаційними показниками.

Розроблений апарат за 300 с забезпечує температуру в центрі виробу 90°C , а в поверхневих шарах — 130°C , що характеризує кулінарну готовність м'ясних виробів. При виготовленні зразків традиційним шляхом поверхневий шар прогрівається до 120°C , а центральний — до 72°C при температурі контактної поверхні (160°C) протягом 180 с з формуванням шкоринки. Крім того, різниця між протилежними шарами контрольного зразка — 85°C , підтверджує нерівномірність прогрівання при смаженні традиційним способом, що пояснюється необхідністю використання допоміжних операцій з перевертання виробу. Запропоновані апаратурно-технологічні рішення дають змогу підвищити ресурсоефективність апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів, забезпечуючи конкурентоспроможність та оригінальність м'ясних виробів.

Ключові слова: апарат смаження, м'ясні січені кулінарні вироби, плівкоподібний електронагрівач.

Постановка проблеми. Сучасні експлуатаційні вимоги потребують використання інноваційних інженерних тенденцій, які забезпечують універсальність, портативність, ресурсоефективність і, головне, конкурентоспроможність обладнання, зокрема й за різноманітністю отримуваної продукції. Необхідним також є врахування комплексу технологічно-апаратурної складової при розробці сучасного ресурсоефективного обладнання, що забезпечить якісну реалізацію технологічних потреб на кожній стадії апаратурного виробництва на тепломасообмінних апаратах. Так, досягнення ресурсоефективності при виробництві м'ясних кулінарних виробів можливе за умов використання сучасних теплоносіїв, що мають низьку інерційність, відсутність металоемності, чітку динаміку роботи та рівномір-

ність теплового потоку. Також важливою складовою є апаратурна можливість використання вторинної теплової енергії на потреби власного або суміжного апаратурно-технологічного комплексу. Врахування перелічених факторів є актуальним під час розробки ресурсоефективного низькотемпературного обладнання для виробництва м'ясних кулінарних виробів. Так, впровадження сучасних нагрівальних елементів і використання вторинної теплоти забезпечить функціональність і конкурентоспроможність апарата при набутті оригінальних органолептичних властивостей м'ясних кулінарних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість урядових ініціатив європейських країн спрямована на покращення харчування та планетарного здоров'я, а отже, необхідна заміна попередніх підходів з урахуванням сучасних інформаційних технологій. Впровадження сучасних раціональних тенденцій харчування зумовлює використання інноваційних функціонально-оздоровчих технологій та інноваційного універсального обладнання для виробництва. У (David McBey, David Watts, Alexandra M., & Johnstone, 2019) наголошується на необхідності забезпечення оздоровчих продуктів фактично, так би мовити, автоматичною системою оцінювання якості з урахуванням даних, отриманих, зокрема, і від споживачів, та формуванні загальних оцінок. Проте в контексті споживання м'яса цей підхід здається неадекватним, оскільки суперечливі оціночні параметри продукту можуть надавати перевагу рослинній дієті порівняно з м'ясною. Наприклад, екологічність порівняно зі смаком та з корисністю для здоров'я. Це, у свою чергу, потребує, по-перше, розробки певної системи оцінювання, а, по-друге, забезпечення високої якості отримуваних м'ясних виробів з використанням інноваційного обладнання, акцентуючи на доцільності досліджень у цьому напрямку.

У (Søren Blond Dagaard, Jens Adler-Nissen, & Jens Michael Carstensen, 2010) наведено дані стосовно потенціалу використання технології мультиспектрального оцінювання для контролю якості при безперервному процесі смаження фаршу та індики, нарізаної кубиками. Методика здатна виявляти збільшення небажаної аглютинації обсмаженого виробу, проте немає здатності визначення в онлайн режимі, підкреслюючи доцільність використання сучасного обладнання. У (Heba H. S. Abdel-Naeem, Khalid Ibrahim Sallam, & Hamdy M. B. A. Zaki, 2021) досліджено вплив п'яти різних методів приготування їжі (варіння, запікання в духовці, приготування на грилі, обсмажування на сковороді та мікрохвильова піч) на фізико-хімічні показники та органолептичні властивості м'яса кролика. Виявлено мінімальні деструктивні зміни у м'язових волокнах і сполучній тканині в зразках, приготованих на сковороді та найбільший деструктивний ефект — приготованих на грилі. Запікання в духовці визначено найкращим методом приготування м'яса, оскільки забезпечує користь для здоров'я і є прийнятним для споживачів, проте в дослідженнях не розглядається вплив на отримувані результати апаратурних складових. Це пов'язано з великим асортиментом технологічного обладнання для теплової обробки м'ясних виробів, проте саме апаратурний вплив на кінцеву якість виробу є основним, що потребує детальних досліджень для створення інноваційного обладнання. Так, у (María Elena Sosa-Morales, Ronald Orzuna-Espíritu, & Jorge F. Vélez-Ruiz, 2006) досліджено одночасне тепломасоперенесення та зміну фізичних властивостей м'яса свинини при обсмажуванні у фритюрі. Смаження на соняшниковій олії реалізовувалось при 90, 100 і 110 °C.

Встановлено, що коефіцієнт дифузії води мав значення від 1,5 до $30,2 \cdot 10^{-9}$ м²/с, а коефіцієнт конвективної теплопередачі — від 187,7 до 226,1 Вт/м²·°С. Температуропровідність залишалася практично постійною протягом усього процесу, тоді як питома теплоємність і теплопровідність зменшувалися зі збільшенням тривалості смаження через втрату води м'ясними пластинами. На щільність, колір і текстуру скоринки впливали температура обсмажування, однак залишаються поза увагою питання впливу типу поверхні смаження, обумовлюючи актуальність досліджень у цьому напрямку. У (Shai Barbut, 2013) досліджено смаження філе курячої грудки без шкіри та кісток у фритюрі (190 °С) з тістом та системою панірування і без неї протягом 6 хв (внутрішня 70 °С). Зразки без покриття демонстрували розщеплення поверхневих м'язових волокон при зануренні в олію. З часом глибина пошкоджень збільшувалася зі зростанням щільного шару твердої кірки, також втрачалася близько 1/3 ваги та змінювалися органолептичні властивості. Це пов'язано з тепловою обробкою у відкритому повітряному середовищі. Якби обробка реалізовувалась у замкнутих функціональних ємностях, забезпечилося б значне зменшення вищезазначених параметрів, що підтверджує актуальність досліджень у цьому напрямі.

У (Ramos-Diaz, Kantanen, Edelmann, Jouppila, Sontag-Strohm, & Piironen, 2022) зазначено, що зменшення втрат м'ясних виробів при смаженні можливе шляхом додавання до рецептури природних складових. Наприклад, овес, що є корисним для здоров'я та добре імітує механічні та фізико-хімічні характеристики яловичого фаршу (ВМ) та його застосування (смажені котлети та котлети для гамбургерів мають високі органолептичні властивості). У (Mykhailov, Zahorulko, Zagorulko, Liashenko, & Dudnyk, 2021) наведено спосіб виробництва плодово-овочевих прямих паст, які при подальшій обробці можуть виступати в ролі функціонально-фізіологічних порошкоподібних інгредієнтів, здатних до поглинання рідини, а в процесі смаження насичувати виріб. Актуальною складовою сучасних теплових апаратів є впровадження енергоощадних технологій, пов'язаних з використанням інноваційних нагрівачів і можливістю перетворення вторинної теплової енергії в корисну складову, зокрема за рахунок елементів Пельтьє (Ming-jian Liao, Zhu He, Chengpeng Jiang, Xi'an Fan, & Fengsheng Qi, 2018). На жаль, більшість теплового обладнання для смаження січених кулінарних м'ясних виробів мають певні конструктивно-технологічні недоліки, пов'язані з нерівномірністю теплопідведення, складністю контролю термічної обробки, енерго- та теплоємності. Навіть смаження виробів на відкритому вогні призводить до значних втрат маси та якості, не кажучи вже про використання вторинної енергії та ступінь ресурсоефективності. Важливими завданнями при проєктуванні конкурентоспроможних апаратів для теплової обробки м'ясних виробів є забезпечення рівномірності теплового потоку, максимальне збереження природних органолептичних властивостей на стадіях виробництва, мінімізація вагових втрат і використання вторинної енергії. Все це зумовлює потребу в експериментально-практичних дослідженнях для забезпечення вищезазначених переваг, що, у свою чергу, розширить асортимент м'ясних виробів з оригінальними смаковими властивостями.

Метою дослідження є розробка апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів за рахунок обігрівання робочих поверхонь для смаження плівко-

подібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу, наявності охолоджуючої платформи і використання елементів Пельтьє.

Матеріали і методи. На базі Державного біотехнологічного університету (Україна) визначалися шляхи розробки апарата для смаження січених кулінарних виробів під час обігріву робочих поверхонь плівкоподібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу (ПРЕНВт № 149981, Плівкоподібний резистивний електронагрівач випромінювального типу) та охолоджуючої платформи з елементами Пельтьє. Для вимірювання температури під час смаження м'ясних січених кулінарних виробів використовувались голчасті термометри, що були розміщені в модельній конструкції апарата. Клас точності вимірювальної техніки «ОВЕН» складав $\pm 0,25\%$.

Викладення основних результатів дослідження. Розроблена модель апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів наведена на рис. 1 та має дві платформи 1 з протипригарним фторопластовим покриттям, що з'єднуються односторонньо шарнірами 2. Конструкція платформи 1 на робочій поверхні має формуючі осередки 3, призначені для технологічного розміщення кулінарних м'ясних виробів у процесі смаження. Обігрів платформ 1 (з технічної зони, що протилежна робочій) здійснюється плівкоподібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу 4, що повторює геометрію платформ 1.

Відповідно до конструкторського рішення платформи 1 з технологічної (робочої) зони мають по периметру термостійкі гумові ущільнювачі 5, а з технічної зони, нижче ПРЕНВт 4, мають пластинчасті змієвикові рідинні охолоджувачі 6. Охолоджувачі 6, у свою чергу, забезпечують більш швидке рідинне (водяне) охолодження робочої поверхні платформ 1 після кулінарної готовності виробу. Для інтенсифікації охолодження зі $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ між ПРЕНВт 4 та охолоджувачем 6 розміщені елементи Пельтьє 7, що забезпечують перетворення теплової енергії в охолоджуючу шляхом зниження температури вхідної рідини.

Зовнішні технічні зони платформ 1 облицьовані сталлюю поверхнею з теплоізолюючим матеріалом 8, а на лицьовій поверхні змонтовано пульт керування 9 для якісного контролю технологічного процесу смаження. Апарат змонтований на стійках 10, при цьому задня стійка має регулятори її висоти. Зміна висоти задньої стійки дає змогу створювати кут нахилу задньої поверхні апарата на 3° для забезпечення повноцінного зливання охолоджуючої рідини з охолоджувача 6.

При закриванні двох платформ 1 з формуючими осередками та термостійкими гумовими ущільнювачами 5 формується функціональне замкнуте середовище. Це дає змогу мінімізувати інтенсивне паровідведення при смаженні та насичення паровмісним м'ясним соком шкоринку виробу, підвищуючи органолептичні показники та конкурентоспроможність. Фіксування платформ 1 при смаженні здійснюється за рахунок механічних фіксаторів 11, а відкриття верхньої плити для розвантаження апарата забезпечується за рахунок ручки 12.

Робота апарата для смаження м'ясних кулінарних виробів полягає в тому, що на пульті керування 8 оператор терморегулятором встановлює технологічну необхідну температуру, потім здійснює підключення апарата до мережі живлення, вмикаючи таким чином плівкоподібний резистивний електронагрівач випромінювального типу 4.

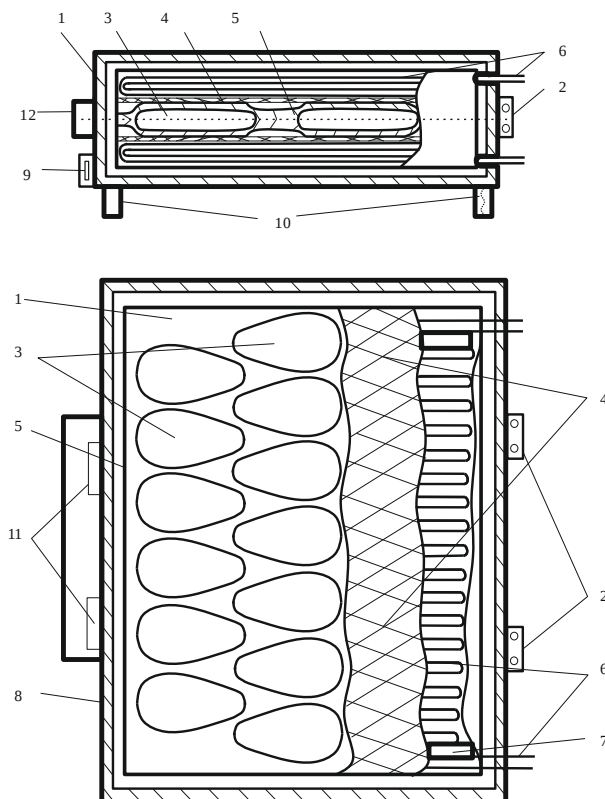


Рис. 1. Схема розробленого апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів:

1 – платформа (2 шт.); 2 – шарнір; 3 – формуючі осередки; 4 – плівкоподібний резистивний електронагрівач випромінювального типу (ПРЕНВт); 5 – термостійкий гумовий ущільнювач; 6 – пластинчастий змієвиковий рідинний охолоджувач; 7 – елементи Пельтьє; 8 – сталеве облицювання з теплоізолюючим матеріалом; 9 – пульт керування; 10 – стійки (задня стійка має механічне регулювання висоти на 3°); 11 – механічні фіксатори; 12 – ручка

При досягненні встановленої температури попередньо підготовлені м'ясні вироби завантажуються до основної (нижньої) платформи 1, що має антипригарне фторопластове покриття та формуючі осередки 3. Після цього опускається друга плита, з'єднана шарнірами 2 з першою, створюючи функціонально замкнуте середовище у площині формуючих осередків 3 за допомогою механічних фіксаторів 10.

Смаження реалізовується за рахунок кондуктивно-інфрачервоного теплопідведення, що забезпечується ПРЕНВт 4 до робочої (технологічної) поверхні платформ в умовах максимального контакту між поверхнею виробів та нагрівальною площиною. Під час смаження здійснюється випарювання соковмісної складової м'ясного виробу, формуючи надмірний тиск у замкнутому функціональному середовищі, інтенсифікуючи таким чином процес. А наявність фторопластового антипригарного покриття робочих поверхонь платформ 1 запобігає адгезії м'ясних виробів, забезпечуючи реалізацію технологічного процесу з використанням жиру не як проміжного теплоносія, а як збагачувача рецептурного складу виробу.

Після завершення операції смаження м'ясних виробів здійснюється вимикання ПРЕНВТ 4 та подача охолоджувальної рідини (води) крізь пластинчасті змієвикові рідинні охолоджувачі 6, забезпечуючи охолодження платформ 1 та конденсацію пари усередині виробу. Для інтенсифікації охолодження між ПРЕНВТ 4 та охолоджувачами 6 розташовані елементи Пельтьє 7, при температурі нагрівальної поверхні платформ 3 — 180 °С, температура на холодній стороні елемента становить мінус 5 °С. У такий спосіб знижується температура охолоджувальної рідини з 15 °С до 10 °С без витрати електроенергії на інтенсифікацію охолодження. Слід відзначити, що конденсація соковмісного парового середовища у функціонально замкнутих ємностях дає змогу без будь-яких витрат уникати втрат мас виробів при смаженні, як це спостерігається при традиційному способі. Також покращуються умови праці технологічних операторів і вплив на навколишнє середовище при запобіганні паровідведення до нього. Процес охолодження здійснюється до рекомендованої температури, що відповідає подачі виробів споживачеві.

Для зливання охолоджувальної рідини з охолоджувачів 6 зменшують кут нахилу задніх стійок апарата на 3°, після 5 хв висоту стійок повертають у попереднє значення та повторюють технологічний процес смаження. При цьому після зливання рідини з охолоджувачів 6 всередині них формується повітряне середовище, що виступає додатковим теплоізолятором та додатково запобігає тепловідведенню в навколишнє середовище. Розвантаження апарата здійснюється шляхом відкриття механічних фіксаторів 10 та підняттям верхньої платформи 1 за допомогою ручки 11 за умов фіксування у вертикальному положенні.

Здійснено експериментальні дослідження з визначення рівномірності температурного поля за об'ємом у кулінарному м'ясному виробі при використанні плівкоподібного резистивного електронагрівача випромінювального типу. Забезпечення рівномірності нагрівання за об'ємом м'ясних виробів дасть змогу запобігти перегріванню окремих шарів, стримуючи таким чином розвиток різноманітних фізико-хімічних змін при тривалій високотемпературній обробці. Здійснено експериментально-практичне порівняння отримуваної рівномірності температурного поля при смаженні м'ясних кулінарних виробів, отриманих традиційним способом (контрольний зразок), та у розробленому апараті (дослідний зразок), що наведено на рис. 2. При цьому отримані результати досліджень контрольних зразків характерні для першого етапу смаження із застосуванням допоміжної стадії перевертання зразка через 180 с та загальною тривалістю нагрівання поверхні — 360 с.

У процесі смаження контрольних м'ясних виробів спостерігається значна нерівномірність температурного поля за об'ємом виробу. Так, наприклад, поверхневий шар, що контактує з нагрітою поверхнею (160 °С) протягом операційних 180 с прогрівається до 120 °С, формуючи шкоринку, центральний шар має 72 °С. Різниця між протилежними шарами зразка становить близько 85 °С, підтверджуючи нерівномірність прогрівання м'ясного зразка при смаженні традиційним способом. Це пояснюється необхідністю використання допоміжних операцій з перевертання виробу на нагрівальній поверхні. При цьому прогнозованим є зниження температури поверхневого шару зразка до 50 °С після операцій-

ного перевертання (180 с), що пояснюється впливом при взаємодії виробу з навколишнім середовищем.

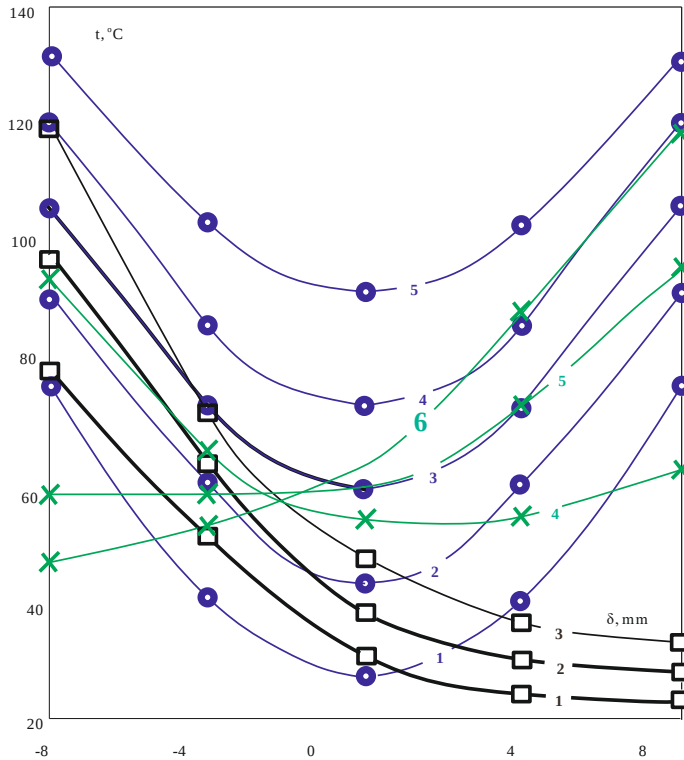


Рис. 2. Температурне поле за відстані від центру дослідних м'ясних кулінарних виробів під час смаження: традиційним способом, при I операційному перевертанні ($\square$, де 1...3 — тривалість смаження, хв), та II операційному перевертанні ($\times$, де 4...6 — тривалість смаження, хв); $\bullet$ — дані, отримані в розробленому апараті, де 1...6 — тривалість смаження, хв

Температура шару зразка після операційного перевертання та при взаємодії з нагрівальною поверхнею підвищується, відповідно, до 120 °С, формуючи шкоринку. А температура центрального шару дослідного контрольного зразка дорівнює 67 °С, що не відповідає кулінарній готовності виробу при смаженні традиційним способом. При цьому температурна різниця поверхневих шарів має фактично 70 °С, а між шаром зразка, що нагрівається та центром виробу, — 53 °С.

Слід відзначити, що операційне збільшення тривалості смаження м'ясних кулінарних виробів (більше 360 с) призводить лише до збільшення товщини шкоринки, а отже, погіршення органолептичних властивостей і конкурентоспроможності отримуваної продукції в цілому.

В умовах смаження м'ясних виробів дослідним шляхом спостерігається значна відмінність температурного поля зразків порівняно з експериментально-практичними контрольними даними. Це пояснюється контактом нагрівальної поверхні за всю поверхневою площею виробу, забезпечуючи одночасне рівномірне

прогрівання аж до центру, а отже, й збільшення температури без одностороннього перегрівання.

Протягом 120...150 с смаження температура поверхневих шарів становить 105 °С, забезпечуючи початок формоутворення шкоринки виробу завдяки розміщенню дослідного зразка у формі осередку платформ для смаження. Таке конструктивне рішення запобігає інтенсивному видаленню пари, що утворюється на поверхневих шарах при їх нагріванні в удосконаленому апараті, що уповільнює швидкість зневоднення поверхневих шарів, одночасно забезпечуючи утворення шкоринки та соковитість.

На початкових етапах є прогнозованим незначна відмінність темпу прогрівання дослідних зразків традиційним і запропонованим способами, проте протягом певного часу спостерігається значна інтенсивність нагрівання. Затримку першої стадії нагрівання м'ясного виробу в дослідному апараті можна пояснити розміщенням зразка у формуючих осередках платформ, що запобігає виходу пари в навколишнє середовище та створення в їх об'ємі надлишкового тиску. Так, протягом 300 с температура у центрі виробу дорівнювала 90 °С, в умовах не перегрівання поверхневих шарів (130 °С), що характеризує кулінарну готовність м'ясних виробів у дослідному апараті. Отже, завдяки розміщенню дослідного зразка у формі осередку платформ апарата, що обігрівается плівкоподібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу, забезпечується паровмісне середовище, яке запобігає пересушуванню поверхневих шарів, зокрема шкоринки. Температурна різниця протилежних поверхневих шарів дослідного зразка фактично не відрізняється і між поверхневим шаром та центральним становить 40 °С.

Висновки

Розроблено модельну конструкцію апарата для смаження м'ясних січених кулінарних виробів, який відрізняється способом обігріву робочих поверхонь плівкоподібним резистивним електронагрівачем випромінювального типу, наявністю охолоджуючої платформи і використанням елементів Пельтьє. Апарат дає змогу забезпечити рівномірність нагрівання за об'ємом м'ясних виробів, що призводить до запобігання перегріванню окремих шарів, стримуючи таким чином розвиток різноманітних фізико-хімічних змін при тривалій високотемпературній обробці.

Встановлено, що за 300 с температура в центрі дослідного виробу дорівнювала 90 °С, а поверхневих шарів — 130 °С (без перегрівання), що характеризувало кулінарну готовність м'ясних виробів. Це пояснюється повним контактом нагрівальної поверхні з площею виробів, що забезпечує одночасне їх рівномірне прогрівання, а отже, й збільшення температури без одностороннього перегрівання. Подальші дослідження будуть спрямовані на дослідження процесів смаження м'ясних кулінарних виробів з додаванням порошкоподібних природних напівфабрикатів, що є актуальним з огляду на проведений літературний аналіз. Внесення напівфабрикатів у рецептурне співвідношення, у свою чергу, дасть змогу зменшити втрати ваги на стадіях виробництва, наситити виріб природною соковитістю та надати оригінальних органолептичних властивостей.

Література

David McBey, David Watts, Alexandra M., & Johnstone. (2019). Nudging, formulating new products, and the lifecourse: A qualitative assessment of the viability of three methods for reducing Scottish meat consumption for health, ethical, and environmental reasons. *Appetite*.

Søren Blond Dagaard, Jens Adler-Nissen, & Jens Michael Carstensen. (2010). New vision technology for multidimensional quality monitoring of continuous frying of meat. *Food Control*.

Heba H. S. Abdel-Naeem, Khalid Ibrahim Sallam, & Hamdy M. B. A. Zaki. (2021). Effect of different cooking methods of rabbit meat on topographical changes, physicochemical characteristics, fatty acids profile, microbial quality and sensory attributes. *Meat Science*.

María Elena Sosa-Morales, Ronald Orzuna-Espíritu, & Jorge F. Vélez-Ruiz, (2006). Mass, thermal and quality aspects of deep-fat frying of pork meat. *Journal of Food Engineering*.

Shai Barbut. (2013). Frying — Effect of coating on crust microstructure, color, and texture of lean meat portions. *Meat Science*.

J. M. Ramos-Díaz, K. Kantanen, J. M. Edelmann, K. Jouppila, T. Sontag-Strohm, & V. Piironen. (2022). Functionality of oat fiber concentrate and faba bean protein concentrate in plant-based substitutes for minced meat. *Current Research in Food Science*.

V. Mykhailov, A. Zahorulko, A. Zagorulko, B. Liashenko, & S. Dudnyk. (2021). Method for producing fruit paste using innovative equipment. *Acta Innovations*. <https://www.proakademia.eu/en/acta-innovations/find-issueskw/all-articles-2021/no392/>.

Mingjian Liao, Zhu He, Chengpeng Jiang, Xi'an Fan, & Fengsheng Qi (2018). A three-dimensional model for thermoelectric generator and the influence of Peltier effect on the performance and heat transfer. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.01.080>.

DETERMINATION OF THE FILTRATION SPEED SUSPENSIONS IN THE SUGAR PRODUCTION

C. Tkachenko, K. Shtanheiev

Institute of Postgraduate Education of the NUFT

E. Stychynskyi, L. Khomichak

Institute of Food Resources of NAAS

Key words:

Filtration

Suspension

Sugar

Filtration coefficient

*Filtration speed under
pressure*

Raw juice

Article history:

Received 08.09.2022

Received in revised form
22.09.2022

Accepted 14.10.2022

Corresponding author:

S. Tkachenko

E-mail:

sergi-tkachenko@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the main factors affecting the separation of suspensions of carbonation juices, including physical and chemical properties of the sediment, characteristics of the filtration partition and filtration properties of the suspensions.

Therefore, the goal was developing a device for determining the speed of suspensions filtration of saturated juices under pressure, which will allow to reproduce real production conditions in terms of temperature, pressure, thickness of the sediment layer, type of filter material, and mode of filtration when conducting research in the laboratory.

Diffusion juice was used to obtain semi-products (product obtained in laboratory conditions by extraction of sucrose using water from beet shavings).

The design and principle of operation of an improved device for determining the filtration rate of suspensions of saturated juices under pressure, which is based on the principle of filtration with constant pressure, was given in the manuscript. The formula for converting the duration of filtration to the speed of filtration under pressure was obtained.

Some inconsistencies in the indicators of the filtration coefficient and the speed of filtration under pressure were established. A comparison was made for obtained filtration coefficient data and of the filtration rate under pressure of the lime carbonated juice suspension.

The use of an advanced laboratory device will provide a simple and accurate determination of the filtration speed under pressure, and will allow to reproduce real production conditions in terms of temperature, pressure, thickness of the sediment layer, type of filter material and mode of filtration. This will help to solve the issues regarding the choice of the type of filter fabric and the influence of certain technological factors on the filtration capacity of juices and syrups.

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ФІЛЬТРУВАННЯ СУСПЕНЗІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

С. В. Ткаченко, К. О. Штангеев

Інститут післядипломної освіти НУХТ

Є. В. Стичинський, Л. М. Хомічак

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

У статті визначено основні фактори, що впливають на розділення суспензій карбонізаційних соків, серед яких фізико-хімічні властивості осаду, характеристики фільтраційної перегородки та фільтраційні властивості суспензії.

Запропоновано удосконалену конструкцію пристрою для визначення швидкості фільтрування суспензій сатураційних соків під тиском, який дасть змогу при проведенні досліджень у лабораторії відтворити реальні виробничі умови стосовно температури, тиску, товщини шару осаду, типу фільтрувального матеріалу, режиму фільтрування.

Приведено конструкцію та принцип роботи вдосконаленого пристрою для визначення швидкості фільтрування суспензій сатураційних соків, що ґрунтується на принципі фільтрації з постійним значенням тиску. Отримано формулу для перерахунку тривалості фільтрування на швидкість фільтрування під тиском. Встановлено деякі невідповідності значень фільтраційного коефіцієнта і швидкості фільтрування під тиском.

Досліджено швидкість фільтрування під тиском зразків суспензії вапнокарбонізованого соку за різних витрат вапна. Виконано порівняння фільтраційного коефіцієнта та швидкості фільтрування під тиском суспензії вапнокарбонізованого соку.

Проведено дослідження з визначення швидкості фільтрування під тиском зразків сиропів з додаванням і без додавання флокулянту. Дослідження показали, що застосування флокулянту у кількості 0,05% та 0,1% до кількості СР збільшує швидкість фільтрування у 4,8 та 2,1 раза відповідно.

Використання вдосконаленого лабораторного пристрою забезпечить просте та точне визначення швидкості фільтрування під тиском і дасть змогу відтворити реальні виробничі умови щодо температури, тиску, товщини шару осаду, типу фільтрувального матеріалу, режиму фільтрування. Це допоможе вирішувати питання вибору типу фільтрувальної тканини та впливу окремих технологічних факторів на фільтраційну здатність соків і сиропів.

Ключові слова: фільтрація, суспензія, цукор, коефіцієнт фільтрації, швидкість фільтрації під тиском, дифузійний сік.

Постановка проблеми. Будь-яке порушення нормальної роботи фільтрувальної станції призводить до ускладнень роботи всього цукрового заводу, зниження його продуктивності, зростання втрат цукру і погіршення його якості, тому седиментаційно-фільтраційні властивості осадів карбонізаційних соків і сиропів та їх об'єктивне визначення є необхідною умовою нормальної роботи всього цукрового заводу.

Визначальним параметром вказаних властивостей є питомий опір карбонізованих осадів і питомий опір фільтраційної перегородки. Питомий опір за фільтрації осаду залежить від його фізико-хімічних властивостей (дисперсності і рівномірності, здатності до стискання твердої фази та її гідрофільності), а питомий опір фільтраційної тканини залежить передусім від її пористості і ступеня «загортання», що призводить до зменшення величини пор.

Окрім вищенаведених факторів, для нормальної роботи фільтрувальної станції цукрового заводу та об'єктивної оцінки навантаження на фільтрувальну поверхню, а також оцінки ефективності дії на фільтраційну здатність напівпродуктів цукрового виробництва тих чи інших хімічних реагентів і флокулянтів велике практичне значення має визначення фільтраційних властивостей суспензій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цукровому виробництві для відділення осадів застосовуються фільтраційні установки, де як фільтраційна перегородка застосовується тканина, як правило, синтетична. При цьому продуктивність фільтрів залежить від швидкості фільтрування, фізико-хімічних властивостей осаду і характеристик фільтраційної перегородки (Карташов, & Головняк, 1958; Vorobiev, 2006).

Точне визначення фільтраційних характеристик за фільтрації суспензій на основі простих і точних лабораторних випробувань є ключовим фактором при розробці нового фільтрувального обладнання й аналізу ефективності операцій фільтрації з комерційної точки зору. З цією метою розроблено кілька лабораторних випробувань і процедур: випробування з вакуумною фільтрацією (Tarleton, & Wakeman, 2007; Iritani, Nagaoka, & Katagiri, 2008), фільтраційні випробування під тиском (Bosley, & Purchas, 1977; Iritani, Nagaoka, & Katagiri, 2008), випробування на проникність попередньо сформованих фільтрувальних шарів осаду (Iritani, Mukai, & Katagiri, 2005), вимірювання компресійної проникності (КП) осаду (Iritani, Nagaoka, & Katagiri, 2008), вимірювання часу капілярного всмоктування (ЧКВ) (Iritani, Nagaoka, & Katagiri, 2008), седиментаційні проби (Iritani, Nagaoka, & Katagiri, 2008) та центрифугування (Iritani, Katagiri, & Cho, 2007; Iritani, Katagiri, & Yoo, 2007). Серед них широко використовуються вакуумні або фільтраційні випробування під тиском. Більшість цих випробувань, зазвичай, проводяться при постійному перепаді тиску через простоту аналізу даних (Shirato, Aragaki, & Sawamoto, 1968; Tiller, 1955; Lu, Huang, & Hwang, 1998).

Сьогодні на цукрових заводах фільтраційну здатність осадів карбонізаційних соків характеризують за допомогою фільтраційного коефіцієнта (F_k), хоча на більшості заводів навіть ця умова не виконується. Із впровадженням фільтр-згущувачів нової конструкції та фільтр-пресів (Кухар, Чернявський, & Чернявська, 2015), тобто обладнання, що працює під тиском, необхідність вимірювання F_k відпадає. Оскільки цією величиною можливо було б оперувати за використання для фільтрування суспензій карбонізаційних соків безперервних вакуум-фільтрів.

Для фільтрувального обладнання, що працює під тиском, об'єктивною характеристикою фільтраційної здатності суспензії соку є швидкість фільтрування під тиском (W).

Авторами (Карташов, & Головняк, 1958; Ткаченко, Хомічак, & Верченко, 2014) неодноразово було теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено невідповідність показників F_k та W (рис. 1).

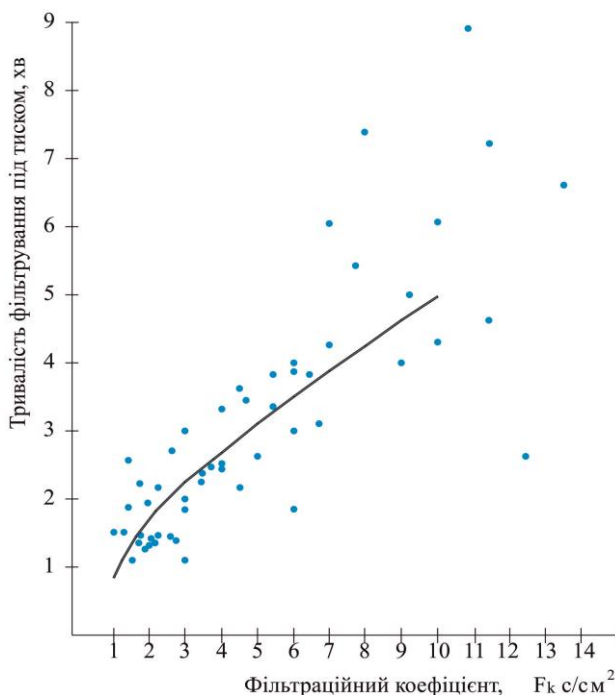


Рис. 1. Залежність між коефіцієнтом F_k і тривалістю фільтрування під тиском

Для нормальної роботи безперервної фільтрації F_k не повинен перевищувати 6 с/см^2 (Van der Poel, Schiweck, & Schwartz, 1998). Із залежності видно, що тривалість фільтрування під тиском (4—8 хв) (Ткаченко, Хомічак, & Верченко, 2014), яка дає змогу застосовувати фільтр-преси, не відповідає задовільному значенню F_k . Так, за граничного значення F_k , що унеможливило використання фільтрувального обладнання, показник швидкості фільтрування під тиском свідчить про задовільні фільтраційні властивості карбонізаційних соків (Ткаченко, Хомічак, & Верченко, 2014).

У лабораторній практиці відомий пристрій (Карташов, & Головняк, 1958) для визначення швидкості фільтрування під тиском, однак він має ряд недоліків. Зважаючи на це, пристрій було вдосконалено.

Пристрій (Карташов, & Головняк, 1958) містить збірник суспензії, що обладнаний приводом і мішалкою, хвостовиком для термометра, камерою підігріву для підтримання постійної температури суспензії, краном для заливки суспензії, краном для подачі суспензії на фільтр, патрубком для підведення стисненого повітря, патрубком для входу та виходу теплоносія з термостата в кожух камери підігріву, а також повітряний насос, манометр, фільтрувальну головку, мірний циліндр і термостат.

Недоліками пристрою (Карташов, & Головняк, 1958) є відсутність можливості підтримання постійного тиску в збірнику суспензії під час проведення процесу фільтрування, постійна робота повітряного насоса, що призводить до його перевантажень за умов великої кількості проведення вимірів, складність конструкції збірника внаслідок встановлення в ньому мішалки з приводом, відсутність

контролю рівня суспензії в збірнику, крім того, конструкція пристрою не дає змоги використовувати масляні повітряні компресори для створення тиску в збірнику, тому що існує небезпека потрапляння мастила всередину збірника із суспензією.

Мета статті: дослідити фільтраційну здатність суспензій у цукровому виробництві для обладнання, що працює під тиском.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були: вапнокарбонізовані соки, сироп, отримані в лабораторних і виробничих умовах.

Для отримання напівпродуктів використовували дифузійний сік, одержаний у лабораторних умовах шляхом екстракції цукрози водою з бурякової стружки за температури 68...72 °С.

Очищення соку проводили кальцій-карбонатним способом за типовою технологічною схемою в умовах, максимально наближених до виробничих (Van der Poel, Schiweck, & Schwartz, 1998). Залежно від мети досліджень одержували проби соків на різних стадіях очищення.

Вапно одержували прожарюванням вапняку з вмістом CaCO_3 не менше 95% у лабораторній муфельній печі СНОЛ 58/350 (TermoLab, Ukraine) за температури 1000 °С. Вапняне молоко готували безпосередньо перед очищенням соку: зважували необхідну наважку вапна та загашували її дистильованою водою, що мала температуру 80 °С у співвідношенні $\text{Ca} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 3,8$ ($\gamma = 1,18 \text{ г/см}^3$).

В одержаних очищених соках визначали седиментаційно-фільтраційні показники: швидкість осадження за 5 хв S_5 , см/хв; об'єм осаду V_{25} , %; фільтраційний коефіцієнт F_k , с/см^2 , товщину шару осаду. Також для досліджень використовували нефільтрований сироп ($\text{CP} = 66\%$) відібраний після випарної станції перед фільтрами в умовах ТзОВ «Радехівський цукор» Чортківське відділення (Pfeifer & Langen).

Для формування намівного шару осаду для фільтрування сиропу використовували діатоміт із розрахунку 0,4 кг на 1 м^2 площі фільтрувальної поверхні. Як фільтрувальний матеріал використовували фільтрувальну тканину типу «голкопробивна», що використовується для фільтрування сиропів. Також визначали проміжні технологічні показники: вміст сухих речовин і цукрози, чистоту, рН, лужність, мутність.

Усі дослідження якісних і кількісних показників продуктів та напівпродуктів виконували за допомогою стандартних методик (ICUMSA methods book, 2007). У ході лабораторних досліджень використовували такі прилади: для визначення вмісту сухих речовин — рефрактометр Abbemat (Anton Paar, Австрія), вмісту цукрози — цукрометр MCP 5300/5500 Sucromat (Anton Paar, Австрія), реакції середовища — іонімір лабораторний Temp AD8000 (ADWA, Болгарія), зважування зразків для аналізу виконували на аналітичних вагах AS 220.R2 (RADWAG, Польща). Фільтраційний коефіцієнт визначали за допомогою установки Брігель-Мюллера (Van der Poel, Schiweck, & Schwartz, 1998; ICUMSA methods book, 2007), де використовували мембранний вакуум-насос N035AN.18 (KNF, Germany).

Викладення основних результатів дослідження. Для проведення експериментальних досліджень запропоновано вдосконалену конструкцію пристрою (Карташов, & Головняк, 1958). На відміну від пристрою (Карташов, & Головняк,

1958), у вдосконаленому пристрої передбачено обігрів не за допомогою камери підігріву, а за допомогою теплообмінника змішувального типу, який розташований всередині збірника суспензії, перемішування суспензії здійснюється завдяки магнітній мішалці, на яку встановлено збірник, що дає змогу спростити конструкцію та забезпечує кращу герметичність збірника. В повітропроводі після насоса встановлено ресивер з манометром, який дає змогу забезпечити рівномірну подачу повітря в збірник суспензії та уникнути перевантажень у роботі насоса, що дуже важливо під час проведення багаторазових вимірювань. Встановлення редуктора з фільтром забезпечує просте й точне регулювання тиску в збірнику суспензії під час проведення процесу фільтрування, а наявність фільтра в редукторі надає можливість подавати в збірник очищене повітря, що, у свою чергу, відкриває можливості використання для нагнітання повітря в масляні компресори. Обладнання збірника суспензії показником рівня рідини скорочує час підготовки до вимірювання та дає змогу постійно контролювати рівень суспензії в ньому.

На рис. 2 наведено вдосконалений лабораторний пристрій для визначення швидкості фільтрування під тиском.

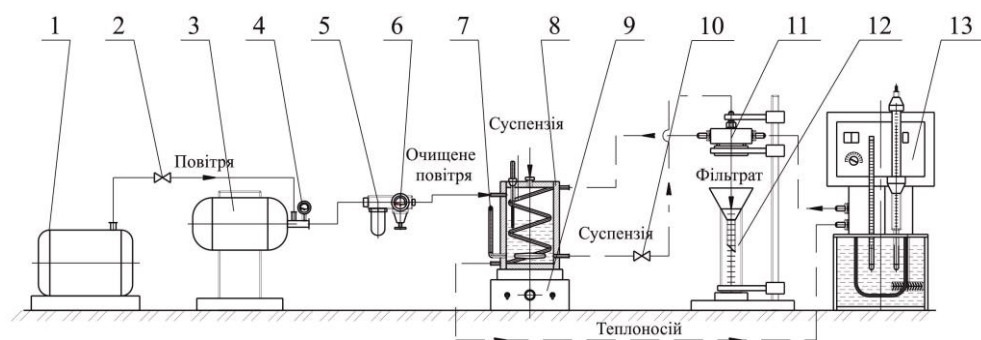


Рис. 2. Схема вдосконаленого лабораторного пристрою для визначення швидкості фільтрування суспензій цукрового виробництва під тиском:

1 — повітряний насос;
2, 10 — запірні крани; 3 — ресивер; 4, 6 — манометри; 5 — редуктор з фільтром;
7 — рівнемір; 8 — збірник суспензії; 9 — магнітна мішалка; 11 — фільтрувальна головка;
12 — мірний циліндр; 13 — термостат

Удосконалений пристрій складається з таких основних частин: повітряного насоса 1; запірних кранів 2, 10; ресивера 3; манометрів 4, 6; редуктора з фільтром 5; рівнеміра 7; збірника суспензії 8 з термометром і теплообмінником змішувального типу; магнітної мішалки 9; фільтрувальної головки 11; мірного циліндра 12 і термостата 13.

Збірник суспензії з огляду на ті кількості суспензії, які використовують у лабораторних умовах, розрахований на об'єм 1000 см³. Фільтрувальна головка виготовлена в чіткій відповідності з кресленням (Карташов, & Головняк, 1958). Матеріал головки — алюміній. Тканина, яка використовувалась у пристрої для визначення швидкості фільтрування під тиском, широко застосовується цукровими заводами для експресів фільтр-пресів і фільтрів-згущувачів.

Установка Карташова призначена для визначення тривалості фільтрування під тиском, якщо врахувати площу фільтра, через яку фільтрується суспензія, а також об'єм фільтрату, то можна перерахувати тривалість фільтрування під тиском на швидкість фільтрування під тиском (W):

$$W = \frac{250 \cdot 60}{10^6 t S}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (1)$$

де t — час необхідний для отримання 250 см^3 фільтрату, хв; S — площа фільтра, м^2 .

З урахуванням того, що діаметр фільтра складає 50 мм , формула (1) набуде такого вигляду:

$$W = \frac{250 \cdot 60}{t \cdot 10^6 \cdot 0,0019625}, \text{ або } W = \frac{7,64}{t}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}). \quad (2)$$

Визначивши час, необхідний для отримання 250 см^3 фільтрату під тиском, можна вирахувати швидкість фільтрування під тиском, тобто ці величини є обернено пропорційними. Якщо перерахувати тривалість фільтрування під тиском, наведену на рис. 1, за формулою (2), то отримаємо залежність такого виду (рис. 3).

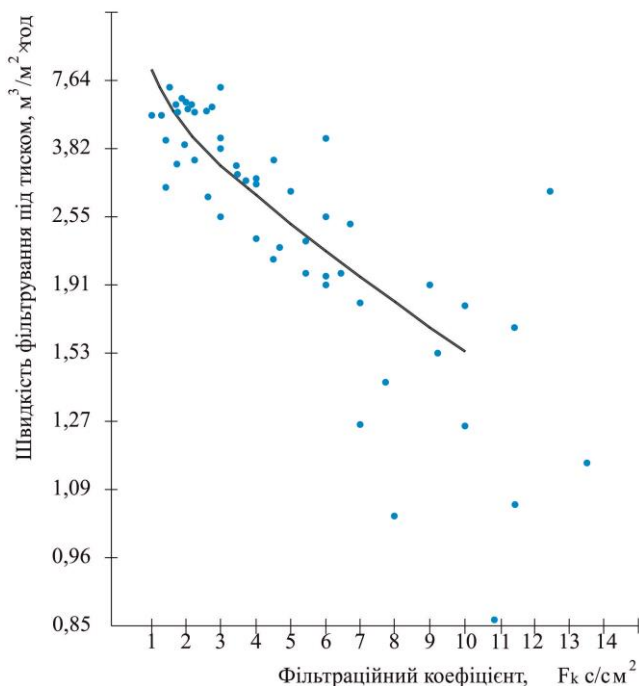


Рис. 3. Залежність між коефіцієнтом F_k і швидкістю фільтрування під тиском

Лабораторний пристрій працює таким чином (рис. 2): вмикають магнітну мішалку 9 і наливають у збірник 8 необхідну кількість досліджуваної суспензії, рівень суспензії в збірнику контролюють рівнеміром 7. Тиск створюють за допомогою повітряного насоса 1, повітря з якого надходить у ресивер 3. Після досягнення необхідного тиску в ресивері 3 перекривають кран 2 та відкривають редуктор з фільтром 5, з якого очищене повітря надходить у збірник суспензії 8,

де створюється необхідний тиск. Постійна температура у фільтрувальній головці 11 і в збірнику суспензії підтримується за допомогою термостата 13. Після нагрівання суспензії в збірнику 8 до необхідної температури, у фільтрувальну головку 11 вставляють фільтрувальний набір тканин. При досягненні необхідного тиску в збірнику 8, що контролюється манометром 6, повільно відкривають кран подачі суспензії 10 на фільтрувальну головку 11. Після цього за допомогою редуктора з фільтром 5 підтримують постійний тиск. Перші 25% фільтрату від загальної кількості суспензії повертають знову в збірник, що необхідно для створення шару осаду на фільтрі і проведення процесу фільтрування. Секундоміром визначають час, необхідний для отримання 250 см³ фільтрату. Швидкість фільтрування визначається за формулою (2).

За допомогою вдосконаленого пристрою для визначення швидкості фільтрування під тиском було досліджено швидкість фільтрування суспензій вапнянокарбонізованих соків за різної витрати вапна при очищенні дифузійного соку з чистотою 87,0%. Одержані дані представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Залежність седиментаційно-фільтраційних властивостей суспензії вапнянокарбонізованого соку від витрат вапна

Витрата вапна, % СаО до маси соку	Швидкість осадження середня за 5 хв, S ₅ , см/хв	Об'єм осаду V25, %	Фільтр. коєф. F _к , с/см ²	Швидкість фільтрування під тиском W, м ³ /м ² ·год
0,2	2,2	18,0	7,7	0,620
0,3	2,3	18,0	6,8	0,610
0,4	2,4	18,5	6,3	0,600
0,5	2,8	19,0	5,0	0,585
0,6	3,2	19,5	4,9	0,579
0,7	3,3	20,0	4,8	0,577
0,8	3,4	21,0	4,7	0,575
0,9	3,4	21,0	4,7	0,575

Одержані дані підтвердили результати досліджень у (Карташов, & Головняк, 1958) щодо неповної відповідності значень фільтраційного коефіцієнта і швидкості фільтрування під тиском. Так, за високих значень фільтраційного коефіцієнта (6,2...9,8 с/см²), при яких фільтрування вважається незадовільним, швидкість фільтрування під тиском приблизно в 3,0 рази перевищує мінімальну швидкість (0,2 м³/м²·год) (Ткаченко, Хомічак, & Верченко, 2014), яка дає змогу використовувати для фільтрування фільтр-преси.

Окрім визначення швидкості фільтрування під тиском для соку І карбонізації, розроблений пристрій можна застосовувати також для визначення фільтраційної здатності сиропів.

Були проведені дослідження з визначення швидкості фільтрування під тиском зразків сиропів із додаванням та без додавання флокулянту SUPERFLOK — LT. Дві пробі сиропу по 300 мл підігрівали, обробляли флокулянтом в кількості 0,05% і 0,1% до маси СР витримували і фільтрували на лабораторному пристрої для визначення швидкості фільтрування під тиском (ЛПВШФ). Як контрольний зразок використовували сироп після випарної станції, що фільтрували на

ЛПВШФ. В отриманих зразках вимірювали швидкість фільтрування під тиском, товщину шару осаду на фільтрувальному елементі, визначали мутність.

Отримані дані наведені в табл. 2 та на рис. 4.

Таблиця 2. Результати визначення швидкості фільтрування під тиском густих сиропів

Показники	Найменування сиропу		
	Контроль	З флокулянтом 0,05% до кількості СР	З флокулянтом 0,1 % до кількості СР
Тиск, атм (кгс/см ²)	2,0	2,0	2,0
Швидкість фільтрування, м ³ /м ² ·год	0,12	0,57	0,57
Товщина шару осаду на фільтрі, мм	3	2	3
Характеристика осаду	Кристалічний із слідом ослизлості	Кристалічний	Ослизлий
Мутність, од. ICUMSA	109	37	52

Отримані дані свідчать, що швидкість фільтрування для контрольного зразка нефільтрованого сиропу складає 0,12 м³/м²·год за тиску 2,0 атм. Застосування флокулянту в кількості 0,05% та 0,1% до кількості СР збільшує швидкість фільтрування у 4,8 та 2,1 раза відповідно, при цьому мутність сиропу зменшується на 60% та 43,0% порівняно з контрольним зразком.

Висновки

На основі узагальнення експериментальних і теоретичних досліджень розроблено вдосконалений лабораторний пристрій для визначення швидкості фільтрування під тиском, що ґрунтується на принципі фільтрації з постійним тиском, найбільш адаптованим до реальних умов процесу. За такої фільтрації тиск фільтрації підтримується постійним, тоді як швидкість фільтрації зменшується в міру накопичення фільтраційного шару.

Також на основі тривалості фільтрування під тиском отримано залежність для визначення швидкості фільтрування під тиском.

На основі результатів експериментальних досліджень встановлено, що фільтраційний коефіцієнт F_k не завжди відображає реальну здатність суспензій сатураційних соків до фільтрування під тиском. Так, за високих значень фільтраційного коефіцієнта (6,2...9,8 с/см²), при яких фільтрування вважається незадовільним, швидкість фільтрування під тиском приблизно в 3,0 рази перевищує мінімальну швидкість (0,2 м³/м²·год) (Ткаченко, Хомічак, & Верченко, 2014), яка дає змогу використовувати для фільтрування фільтр-преси.

З'ясовано, що при визначенні фільтраційної здатності суспензій сатураційних соків для фільтр-пресів і фільтрів-згущувачів необхідно керуватись не величиною фільтраційного коефіцієнта, а саме швидкістю фільтрування під тиском.

Разом з цим використання вдосконаленого лабораторного пристрою забезпечить не тільки просте та точне визначення швидкості фільтрування під тиском, а

й дасть змогу відтворити реальні виробничі умови щодо температури, тиску, товщини шару осаду, типу фільтрувального матеріалу та режиму фільтрування.

Література

Карташов, А. К., Головняк, Ю. Д. (1958). *Физико-химические свойства сатурационных осадков*. Киев: Украинское республиканское научно-техническое общество пищевой промышленности.

Кухар, В. Н., Чернявский, А. П., Малек, Я., Навратил, З., Чернявська, Л. І. (2015) Особенности фильтрования и обессахаривания суспензии сока I сатурации на пресс-фильтрах. *Цукор України*. 6/7 (114/115), 57—58.

Ткаченко, С. В., Хомічак, Л. М., Верченко, Л. М. (2014). Визначення швидкості фільтрування суспензій сатураційних соків під тиском. *Цукор України*. 2 (98), 31—35.

Bosley, R., Purchas, D. B. (Ed.) (1977). *Pressure vessel filters, in: Solid/Liquid Separation Equipment Scale-up*. Croydon: Uplands Press Ltd.

ICUMSA methods book (2007). Berlin, Germany: Bartens, International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.

Iritani, E., Katagiri, N., Aoki, K., Shimamoto, M., Cho, J. H. (2007). Compression characteristics of consolidated deposits formed in centrifugation of soft and hard colloids. *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, 33, 553—560. <https://doi.org/10.1252/kakoronbunshu.33.553>.

Iritani, E., Katagiri, N., Aoki, K., Shimamoto, M., Yoo, K. M. (2007). Determination of permeability characteristics from centrifugal flotation velocity of deformable oil droplets in O/W emulsions. *Sep. Purif. Technol.* 58, 247—255. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.03.026>.

Iritani, E., Mukai, Y., Kamiya, M., Katagiri, N. (2005). Properties of a filter cake formed in dead-end microfiltration of colloidal particles suspended in aqueous organic solvents. *J. Chem. Eng. Jpn.* 38, 271—277. <https://doi.org/10.1252/jcej.38.271>.

Iritani, E., Nagaoka, H., Katagiri, N. (2008). Determination of filtration characteristics of yeast suspension based upon multistage reduction in cake surface area under step-up pressure conditions. *Sep. Purif. Technol.* 63, 379—385. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.05.021>.

Lu, W. M., Huang, Y. P., Hwang, K. J. (1998). Dynamic analysis of constant rate filtration data. *J. Chem. Eng. Jpn.* 31, 969—976. <https://doi.org/10.1252/jcej.31.969>.

Shirato, M., Aragaki, T., Mori, R., Sawamoto K. (1968). Predictions of constant pressure and constant rate filtrations based upon an approximate correction for side wall friction in compression permeability cell data. *J. Chem. Eng. Jpn.* 1, 86—90.

Tarleton, E. S., Wakeman, R. J. (2007) *Solid/Liquid Separation: Equipment Selection and Process Design*. Oxford: Elsevier Ltd.

Tiller, F. M. (1955). The role of porosity in filtration. Part 2. Analytical equations for constant rate filtration. *Chem. Eng. Progr.* 51, 282—290.

Van der Poel, P. W., Schiweck, H., Schwartz, T. (1998). *Sugar Technology (Beet and Cane Sugar Manufacture), 1 edition*. Berlin, Germany: Published with support of the Beet Sugar Development Foundation Denver, USA.

Vorobiev E. (2006). Derivation of filtration equations incorporating the effect of pressure redistribution on the cake-medium interface: a constant pressure filtration. *Chem. Eng. Sci.* 61, 3686—3697. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2006.01.010>.

TECHNOLOGICAL AND HARDWARE SUPPORT OF OSMOTIC DEHYDRATION OF ELDER BERRIES

M. Samilyk

Sumy National Agrarian University

Key words:

Osmotic dehydration
Drying
Sambucus nigra
Sugar solution
Anthocyanins

Article history:

Received 06.09.2022
Received in revised form
21.09.2022
Accepted 16.10.2022

Corresponding author:

M. Samilyk
E-mail:
m.samilyk@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the process of osmotic dehydration. The aim of the study is to develop a technological regime and hardware for osmotic dehydration of wild berries. The subject of the study was black elderberry (*Sambucus nigra*), which is an affordable raw material with a high content of biologically active substances. Experimentally, the rational mode of osmotic dehydration of elderberry berries was established. As an osmotic agent, aqueous solutions with a mass fraction of sucrose of 50, 60, and 70% were used. The solution was mixed with berries in a ratio of 1:1. To preserve the biological value of raw materials, the dehydration temperature was maintained at 50 °C. Partially dehydrated elderberry berries were dried in an infrared dryer at a temperature of 60 °C. The dependence of the duration of drying on the duration of preliminary dehydration in an osmotic solution has been established. It has been determined that the sufficient duration of osmotic dehydration of elderberries is 60 minutes. Increasing the duration of the process is not advisable, since it does not significantly affect the rate of further drying. The study showed that the duration of drying elderberries without prior dehydration in an osmotic solution is 300 minutes, which confirms the effectiveness of osmotic dehydration. Powders obtained from berries, dehydrated by the proposed method, have good organoleptic properties. Preservation of coloring substances, anthocyanins creates the possibility of using elderberry powders as effective natural dyes. The design of the apparatus for carrying out osmotic dehydration has been developed, which provides intensive mass transfer while maintaining a constant process temperature. The basis for the development of the design of the apparatus for carrying out osmotic dehydration was the task of preserving the organoleptic and nutritional properties of the product as much as possible.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ ЯГІД БУЗИНИ

М. М. Самілик

Сумський національний аграрний університет

У статті розроблено технологічний режим та апаратурне забезпечення осмотичної дегідратації дикорослих ягід. Предметом дослідження обрано бузину чорну (*Sambucus nigra*), яка є доступною сировиною з високим вмістом біологічно-активних речовин. Експериментальним шляхом встановлено раціональний режим осмотичної дегідратації ягід бузини. Як осмотичний агент використовували водні розчини з масовою часткою сахарози 50, 60 та 70%. Розчин змішували з ягодами у співвідношенні 1:1. Для збереження біологічної цінності сировини температуру дегідратації підтримували на рівні 50 °С. Частково зневоднені ягоди бузини висушували в інфрачервоній суширці при температурі 60 °С.

Досліджено залежність тривалості сушіння від тривалості попереднього зневоднення в осмотичному розчині. Встановлено, що достатня тривалість осмотичної дегідратації ягід бузини – 60 хвилин. Збільшення тривалості процесу не є доцільним, оскільки суттєво не впливає на швидкість подальшого сушіння. Дослідження показало, що тривалість сушіння ягід бузини без попереднього зневоднення в осмотичному розчині становить 300 хв, що підтверджує ефективність осмотичної дегідратації. Порошки, отримані із ягід, зневоднених запропонованим способом, мають гарні органолептичні властивості. Збереження барвних речовин, антоціанів створює можливість застосування бузинових порошків як ефективних натуральних барвників. Розроблено конструкцію апарата для проведення осмотичної дегідратації, яка забезпечує інтенсивне масоперенесення при підтриманні постійної температури процесу. Основа розробки конструкції апарата для проведення осмотичної дегідратації – максимальне збереження органолептичних і харчових властивостей продукту.

Ключові слова: осмотична дегідратація, сушіння, *Sambucus nigra*, цукровий розчин, антоціани.

Постановка проблеми. Серед пріоритетних завдань харчової промисловості є подовження терміну придатності продуктів рослинного походження та збереження їх біологічної цінності.

Традиційними способами обробки рослинної сировини є теплова обробка під дією високих або низьких температур, зневоднення, ферментативне консервування. У процесі високотемпературної теплової обробки відбуваються зміни структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, хімічних, мікробіологічних і органолептичних властивостей сировини, їх харчової та біологічної цінності (Снежкін, Гусарова, & Шапар, 2017).

Найбільш раціональним способом подовження термінів зберігання рослинної сировини є сушіння. Це пов'язано зі сповільненням мікробіологічних процесів.

При цьому склад поживних і біологічно цінних речовин залишається близьким до природного (Бичков, & Дмитрюк, 2014). Проте сушіння не забезпечує збереження вихідних органолептичних властивостей сировини та її складу за деякими нутрієнтами. При подовженні тривалості процесу біологічна цінність втрачається.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом найбільш популярним методом збереження плодово-ягідної сировини є дегідратація різними осмотичними розчинами. Осмотична дегідратація — це явище перенесення води з нижчої концентрації розчиненої речовини у більш високу концентрацію через напівпроникну мембрану, що призводить до зрівноваження по обидва боки мембрани (Tortoe, Orchard, & Beezer, 2011).

Фізичний зміст процесу осмотичної дегідратації пояснюється тим, що концентровані розчини твердих речовин мають більш високий осмотичний тиск і меншу активність води (Hasanuzzaman et al., 2014).

Осмотична дегідратація є одним із ефективних методів для збільшення терміну зберігання плодів та ягід. Перевага цього процесу, якщо порівняти з іншими, полягає в тому, що зберігаються поживні властивості, вітаміни, мінерали й органолептичні показники (Singh, Sharma, & Sarkar, 2010).

При переробці фруктів та овочів осмотичне зневоднення сприяє збереженню первісних характеристик рослинної сировини, зокрема кольору, аромату, текстури та поживного складу (Yadav, & Singh, 2014). Після осмотичного зневоднення рослинна сировина залишається подібною до натуральної (Shi, & Xue, 2009).

Часткове видалення води з рослинної сировини відбувається за рахунок її взаємодії з концентрованими водними розчинами з високими осмотичними властивостями протягом заданих часу й температури. Дегідратація проводиться переважно для фруктів і овочів у гіпертонічному розчині, такому як концентрований цукровий сироп (Azoubel, & Murr, 2004).

Розчини цукру та солі вважаються найкращим вибором з точки зору ефективності, зручності та смаку (Tortoe, 2010). Розчин цукру зменшує потемніння, запобігаючи доступу кисню, забезпечує стабільність пігментів і допомагає утримувати легкі сполуки під час сушіння осмотично оброблених матеріалів (Pattanapa, Therdthai, Chantrapornchai, & Zhou, 2010).

Порівняно з іншими традиційними методами, осмотична дегідратація є простим способом, який не вимагає обов'язкового механічного впливу і потребує менших витрат енергії (Khin, Zhou, & Perera, 2006). Його легко проводити при кімнатній температурі, що забезпечує збереження кольору, текстури та поживних речовин з обмеженою втратою легких сполук і меншими окисними змінами. Осмотичне зневоднення запобігає знебарвленню плодів, яке спричинене ферментативним окисненням.

Для інтенсифікації масопередачі під час осмотичного зневоднення можна застосовувати процес перемішування, оскільки використання висококонцентрованих в'язких розчинів цукру створює такі проблеми, як спливання плодів та ягід, що перешкоджає їх рівномірному розподілу в осмотичному розчині. Це призводить до зменшення швидкості масообміну (Phisut, 2012; Gupta, Singh, & Shivhare, 2012).

Співвідношення розчину та зразка слід вибирати таким чином, щоб рушійна сила осмотичного зневоднення була постійною протягом усього процесу. У міру

зневоднення концентрація осмотичного розчину зменшується і рушійна сила осмотичного зневоднення (Garcia-Toledo et al., 2016). Більшість дослідників використовували співвідношення проби та розчину в діапазоні від 1:1 до 1:5 для вивчення кінетики масопереносу щодо зміни концентрації розчину та інших факторів. Збільшення співвідношення осмотичного розчину до маси зразка призвело до збільшення як приросту твердої фази, так і втрати води при осмотичній дегідратації (Tortoe, 2010).

Осмотична дегідратація є одним із енергетично ефективних способів видалення вологи з харчових продуктів, оскільки вода не зазнає фазового перетворення під час видалення із продукту (Acevedo, Tirado, & Guzmán, 2014).

Цей спосіб менш енерговитратний, порівняно з конвективним і вакуум-конвективним методами сушіння, оскільки його можна проводити за низької температури або температури навколишнього середовища (Chavan, & Amarowicz, 2012; Matuska, Lenart, & Lazarides, 2006).

Аналіз літературних джерел показав, що осмотична дегідратація має ряд переваг порівняно з традиційними методами зневоднення, проте існують прогалини і невирішені проблеми щодо технологічного режиму осмотичного зневоднення та його апаратурного оформлення.

Мета дослідження: розробити технологічний режим та апаратурне забезпечення осмотичної дегідратації дикорослих ягід *Sambucus nigra*.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

- встановити раціональний режим осмотичної дегідратації (температуру, тривалість, масову частку сахарози в осмотичному розчині);
- проаналізувати органолептичні властивості дегідратованих ягід бузини;
- запропонувати конструкцію апарата для проведення осмотичної дегідратації ягідної сировини.

Матеріали і методи. Як предмет дослідження обрано дикорослі ягоди бузини *Sambucus nigra*, які мають високу харчову та біологічну цінність, є доступною сировиною регіонального значення. Плоди бузини багаті на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші поліфеноли (Ferreira, Silva, & Nunes, 2022). Бузина є одним з найбільших джерел антиоксидантів (Domínguez et al., 2020), використовується як сировина для промислового виробництва антиоксидантів, барвників та біологічно активних сполук.

Традиційно їх використовують як лікарські компоненти та харчові інгредієнти у вареннях, соках. Пропонується використовувати висушені ягоди бузини для виробництва порошків з функціональними властивостями, які можуть бути функціональною добавкою для виробництва багатьох харчових продуктів (Samilyk, Demidova, Bolgova, Kapitonenko, & Cherniavska, 2022).

Ретельно відмиті, заморожені ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), а згодом дефростовані ягоди змішували у співвідношенні 1:1 з розчином сахарози різних концентрацій (50, 60, 70%), нагрітим до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Процес дегідратації проводили в рідинному термостаті MLW-16 (Німеччина) протягом 60 та 90 хвилин. При цьому суміш ретельно перемішували за постійної температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після дегідратації вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшувався на 8—10%.

Частково зневоднені ягоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторну інфрачервону сушарку при температурі 60 °С до масової частки сухих речовин у висушеному продукті 7—8%. Паралельно було проведено висушування дефростованих ягід без попередньої осмотичної дегідратації. Висушені похідні ягід подрібнювали у порошки за допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0,45 мм).

Для визначення масової частки вологи подрібнену наважку ягід масою 5 г зважували в попередньо висушеному і зваженому бюксі зі скляною паличкою, кришкою та піском. Відкритий бюкс з наважкою поміщали в сушильну шафу, нагріту до температури (105±2) °С. При внесенні бюкси в шафу температура в ній трохи знижується, тому відлік часу висушування проводили з того моменту, коли термометр показував 105 °С. Висушування проводилось протягом 40 хвилин. Після закінчення висушування бюкси з наважкою нещільно прикривали кришками, поміщали в ексікатор на 20 хв, а потім, щільно закривши бюкси кришками, зважували.

Масову частку вологи (x) у відсотках обчислювали за формулою:

$$x = 100 \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} K, \quad (1)$$

де m_1 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском і наважкою до висушування, г; m_2 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском і наважкою після висушування, г; m_3 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском, г; K — поправочний коефіцієнт.

Викладення основних результатів дослідження. Експеримент показав, що при підвищенні концентрації осмотичного розчину тривалість сушіння скорочується (таб. 1). Найкращого результату зневоднення вдалося досягти при використанні цукрового розчину з масовою часткою сахарози 70%. Це пояснюється тим, що в першому періоді дегідратації, коли сила осмотичного тиску найвища, спостерігається активний перехід клітинного соку в розчин, що призводить до зменшення концентрації й тиску.

Таблиця 1. Режими зневоднення дикорослих ягід

Масова частка сахарози в цукровому розчині, %	Тривалість осмотичної дегідратації, хв	Тривалість сушіння, хв	Масова частка вологи в дефростованих ягодах, %	Масова частка вологи у висушених ягодах, %
50	60	120	77,03	7,81
	90	115		7,65
60	60	90		7,32
	90	80		7,30
70	60	80		7,51
	90	75		7,35
Дефростовані ягоди без попереднього зневоднення		300		7,20

Найбільш ефективна осмотична дегідратація при масовій частці сахарози 70% в осмотичному розчині і тривалості 60 хвилин. Збільшення тривалості процесу осмотичної дегідратації не призводить до відчутного скорочення тривалості сушіння, тому для зменшення енерговитрат на процес зневоднення рекомендується обмежитися цим періодом. Варто зазначити, що тривалість сушіння ягід без попереднього зневоднення в осмотичному розчині значно більша і становить 300 хв, що підтверджує ефективність цього процесу.

Дотримання таких умов зневоднення дало змогу отримати порошки з бузини з покращеними органолептичними властивостями. Зберігається натуральний колір, аромат. Оскільки в порошках зберігаються барвні речовини антоціанів, доцільно використовувати бузинові порошки як натуральні барвники. Порівняно з іншими методами вилучення пігментів з рослинної сировини осмотична дегідратація забезпечує збереження біологічної цінності продуктів. Смак порошоків покращується за рахунок підвищення вмісту сахарози.

За результатами проведених експериментальних досліджень розроблена конструкція апарата для проведення осмотичної дегідратації, в основі якої є максимальне збереження органолептичних і харчових властивостей продукту, забезпечення найбільшої швидкості масоперенесення. Схема апарата для осмотичної дегідратації представлена на рис. 1.

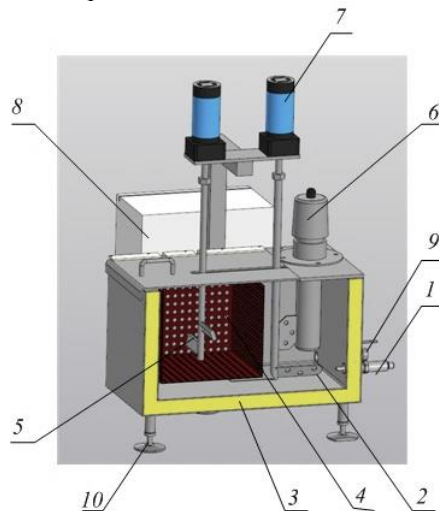


Рис. 1. Апарат для проведення осмотичної дегідратації:

- 1 — датчик температури; 2, 5 — мішалки; 6 — електричний тен; 7 — двигун;
8 — щит керування; 9 — кран зливний; 10 — опора регулююча

Корпус апарата виготовлений з нержавійної сталі з товщиною теплоізоляції 25 мм і розміщений на регульованих опорах. Рівномірне нагрівання цукрового розчину та постійне перемішування сировини забезпечується двома мішалками. Всередині корпусу встановлена перфорована решітка (діаметр отворів 2 мм) для утримання рослинної сировини. Решітка виконує одразу декілька важливих функцій: утримання сировини всередині корпусу і її рівномірне занурення в цукровий розчин; відокремлення осмотованого розчину від частково зневодненої

сировини після осмотичної дегідратації. З метою запобігання випадкового потрапляння сторонніх домішок та втрати тепла апарат обладнано кришкою з пазами під мішалку. Для нагрівання цукрового розчину і підтримання температури на заданому рівні всередині корпусу вбудовано електричний нагрівник опору. Контроль і регулювання процесом проводиться зі щита керування, обладнаним контролером HORNER HE-X. Після дегідратації розчин виводиться через зливний кран. В апарат для дегідратації подається вода і цукор, після чого вмикаються обидві мішалки і тен для нагрівання цукрового розчину. Початкова температура розчину становить 60—70 °С. Після внесення на решітку сировини, температура розчину доводиться до робочої — 50 °С. Початок процесу дегідратації фіксується після досягнення робочої температури.

Витримування сировини в насиченому цукровому розчині здійснюється при температурі 50 °С. Після закінчення необхідного часу дегідратації осмотований розчин виводиться через зливний кран. Утворений осмотований розчин можна використовувати повторно: переробляти його на різні види харчових продуктів, виготовляти натуральні барвники або використовувати як добавку для збагачення цукру (Samilyk, Korniienko, Bolgova, Sokolenko, & Boqomol, 2022). Решітку із частково зневодненою сировиною дістають і направляють ягоди на висушування. Осмотична дегідратація дає змогу проводити попереднє зневоднення ягід бузини *Sambucus nigra* перед процесом сушіння, зменшуючи його тривалість, запобігає знебарвленню сировини, спричиненого ферментативним окисненням.

Висновки

Осмотична дегідратація є ефективним способом попереднього зневоднення ягід, який забезпечує збереження їхніх органолептичних властивостей.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено раціональний технологічний режим осмотичної дегідратації ягід бузини *Sambucus nigra*, а саме: масова частка сахарози в осмотичному розчині — 70%; температура — 50 °С; тривалість процесу попереднього зневоднення — 60 хв; масове співвідношення сировини з осмотичним розчином — 1:1.

Запропоновано конструкцію апарата для попередньої, перед сушінням, осмотичної дегідратації ягідної сировини. Отримані результати дослідження дають змогу в подальшому встановити закономірності процесу осмотичної дегідратації в поєднанні з інфрачервоним сушінням для інших видів плодово-ягідної сировини.

Література

Снежкін, Ю., Гусарова, О., Шапар, Р. (2017). Інтенсифікація вологовидалення при зневодненні плодовоовочевої сировини. *Наукові праці*, 81 (1), 90—93. doi: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.681>.

Бичков, Я. М., Дмитрюк, Т. І. (2014). Способи отримання сухих порошків з рослинної сировини. *Наукові праці*, 46 (1), 204—208.

Tortoe, C., Orchard, J., Beezer, A. (2011). Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. *Food Process Technol*, 2, 1—6. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/509>.

Hasanuzzaman, M., Kamruzzaman, M., Islam, M., Khanom, S., Rahman, M., Lisa, L., Paul, D. (2014). A Study on Tomato Candy Prepared by Dehydration Technique Using Different Sugar Solutions. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1261—1271. doi: 10.4236/fns.2014.513137.

- Singh, C., Sharma, K. H., Sarkar, C. B. (2010). Influence of process conditions on the mass transfer during osmotic dehydration of coated pineapple samples. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 700—714. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00386.x>.
- Yadav, A. K., Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Food Sci Technol*, 51 (9), 1654—1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2.
- Shi, J., & Xue, J. S. (2009). *Application and development of osmotic dehydration technology in food processing*. CRC Press.
- Azoubel, P. M., Murr, F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61 (3), 291—295. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00132-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00132-8).
- Tortoe, Ch. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4 (6), 303—324. <https://academicjournals.org/ajfs>.
- Pattanapa, K., Therdthai, N., Chantrapornchai, W., Zhou, W. (2010). Original article: Effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai-Namphaung) *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 1918—1924. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02353.x>.
- Khin, M. M., Zhou, W., Perera, C. (2006). A study of mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77, 84—95. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.050/>.
- Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*, 19 (1), 7—18. [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(01\)%202011\(2\)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(01)%202011(2)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf).
- Gupta, R., Singh, B., Shivhare, U. S. (2012). Optimization of Osmo-convective Dehydration Process for the Development of Honey-ginger Candy Using Response Surface Methodology. *Drying Technology*, 30, 750—759. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.661818>.
- García-Toledo, J. A., Ruiz-López, I. I., Martínez-Sánchez, C. E., Rodríguez-Miranda, J., Carmona-García, R., Torruco-Uco, J. G., Ochoa-Martinez, L. A., Herman-Lara, E. (2016). Effect of osmotic dehydration on the physical and chemical properties of Mexican ginger. *Journal of Food*, 14 (1), 27—34. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1039068>.
- Tortoe, Ch. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4 (6), 303—324. <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/76B260924389>.
- Acevedo, D., Tirado, D., Guzmán, L. (2014). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17 (1), 123—130. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n1.2014.947>.
- Chavan, U. D., Amarowicz, R. (2012). Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Research*, 1 (2), 202—209. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202/>.
- Matuska, M., Lenart, A., Lazarides, N. H. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72, 85—91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.023>.
- Ferreira, S. S., Silva, A. M., Nunes, F. M. (2022). *Sambucus nigra* L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities. *Food Reviews International*, 38 (6), 1237—1265. DOI: 10.1080/87559129.2020.1788578.
- Domínguez, R., Zhang, L., Rocchettib, G., Lucinib, L., Pateiroa, V., Munekataa, P. E. S., Lorenzo, J. M. (2020). Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chemistry*, 330, 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>.
- Samylk, M., Demidova, E., Bolgova, N., Kapitonenko, A., Chemiavska, T. (2022). Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 28—35. DOI: 10.21303/2504-5695.2022.002410.
- Samylk, M., Komiiienko, D., Bolgova, N., Sokolenko, V., Boqomol, N. (2022). Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (117)), 39—44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>.

HONEY ADULTERATION AND METHODS FOR ITS DETECTION

O. Melnyk, O. Shevchenko, A. Marynin, S. Litvynchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Honey
Direct and indirect
falsification
Falsification markers
Detection methods*

Article history:

Received 12.09.2022
Received in revised form
27.09.2022
Accepted 21.10.2022

Corresponding author:

A. Marynin
E-mail:
andrii_marynin@ukr.net

ABSTRACT

Honey is a natural product made from nectar collected by bees from various flowers. The health benefits and high value of honey motivate fraudsters to adulterate honey by directly or indirectly adding cheaper sweeteners: high fructose corn syrup, corn sugar syrup, invert sugar syrup, cane sugar syrup, palm sugar, high fructose inulin syrup etc.

Cheaper sweeteners are added to honey with direct adulteration. Sugar beets, maltose syrup or industrial sugar syrups (glucose and fructose), obtained as a result of thermal, enzymatic or acid treatment of starch can be their sources. Indirect adulteration of honey is the incorporation of sugars into honey via bee feeding. Thus, low quality honey, chemicals and industrial sugars are added to honey during the natural process that occurs in the bee's digestive system.

Honey adulterated can change its chemical composition and properties. Honey adulteration is an urgent problem, as more and more sophisticated methods of adulteration are constantly being developed. Scientists use fast, sensitive and effective methods to detect impurities in honey.

European requirements for quality standards and labeling of natural honey, recorded in the Directive № 2001/110/EU, are high. They refer to the composition of honey in terms of sugar content, moisture, water-insoluble components, free acid, hydroxymethylfurfural, as well as electrical conductivity and diastase activity according to the Shade scale.

The article provides an overview of the effective detection of a wide range of sweeteners in honey by various analytical methods: nuclear magnetic resonance spectroscopy, infrared and Raman spectroscopy, chromatography, differential scanning calorimetry, isotopic analysis, and other methods. The main markers of falsified honey are considered.

ФАЛЬСИФІКАЦІЯ МЕДУ І МЕТОДИ ЇЇ ВИЯВЛЕННЯ

О. П. Мельник, О. Ю. Шевченко, А. І. Маринін, С. І. Літвинчук

Національний університет харчових технологій

Мед — натуральний продукт із нектару, зібраного бджолами з різноманітних квітів. Користь для здоров'я та висока цінність меду мотивують шахраїв до фальсифікації меду шляхом прямого чи непрямого додавання дешевших підсолоджувачів: кукурудзяного сиропу з високим вмістом фруктози, кукурудзяного цукрового сиропу, інвертованого цукрового сиропу, тростинного цукрового сиропу, пальмового цукру, сиропу з високим вмістом фруктози інуліну тощо.

При прямій фальсифікації в мед додають дешевші підсолоджувачі. Їх джерелом можуть бути цукрові буряки, мальтозний сироп або промислові цукрові сиропи (глюкоза і фруктоза), отримані в результаті термічної, ферментної або кислотної обробки крохмалю. Непряма фальсифікація меду — це включення цукрів у мед за допомогою бджолиного годування. Неякісний мед, хімічні речовини та промислові цукри додаються в мед під час природного процесу, що відбувається в травній системі бджоли.

Медова фальсифікація є актуальною проблемою, оскільки постійно розробляються все більш складні методи фальсифікації. Щоб виявити домішки в меді, вчені використовують швидкі, чутливі та ефективні методи.

Європейські вимоги до стандартів якості та маркування меду натурально-го, зафіксовані у Директиві Ради № 2001/110/ЄС, є високими. Вони стосуються складу меду щодо вмісту цукрів, вологи, нерозчинних у воді компонентів, вільної кислоти, гідроксиметилфурфуролу, електричної провідності та діастазної активності за шкалою Шейда.

У статті наведено огляд ефективного виявлення широкого спектра підсолоджувачів у меді різноманітними аналітичними методами: ядерною магнітно-резонансною спектроскопією, інфрачервоною та раманівською спектроскопією, хроматографією, диференційною скануючою калориметрією, ізотопним аналізом та іншими методами. Розглянуто основні маркери фальсифікованого меду.

Ключові слова: мед, пряма та непряма фальсифікація, маркери фальсифікації, методи виявлення.

Постановка проблеми. Мед є одним з найдавніших харчових продуктів людства. У ньому міститься комплекс поживних речовин, що підтримують міцне здоров'я або сприяють одужанню людини (Rahman, Gan, & Khalil, 2014; Rao, Krishnan, Salleh, & Gan, 2016; Samarghandian, Farkhondeh, & Samini, 2017). Основними складовими меду є вуглеводи (цукри), з яких моносахариди (фруктоза і глюкоза) становлять близько 75%, а також невеликі кількості дисахаридів (сахароза) та інших типів цукрів (олігосахаридів і тетрасахаридів); вода ($16\% \pm 1$), зола ($0,2\%$), амінокислоти ($< 0,1\%$), ферменти, вітаміни, фенольні сполуки та інші речовини, присутні в слідових кількостях.

Мед і допоміжні продукти бджільництва (маточне молочко, віск, прополіс, бджолину отруту, квітковий пилок) широко використовують у понад 40 галузях

промисловості, а також у медицині, скульптурі, живописі. Проте в сучасному турбулентному світі з розвитком промисловості зростає забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами і, як наслідок, це сприяє поширенню хвороб і зменшенню світових популяцій медоносних бджіл. Цей факт у поєднанні з високим попитом призводить до того, що мед стає все більш дефіцитним товаром, а тому його фальсифікація зростає. Мед можуть фальсифікувати на різних етапах просування на ринку, оскільки глобальні ланцюги постачання включають різні операції імпорту-експорту.

Завдяки прогресивним технологіям аналізу харчових продуктів можна ідентифікувати наявність або відсутність фальсифікованих забруднень у меді. Якість меду може бути визначена за фізичними, сенсорними, хімічними та мікробіологічними характеристиками (Pilizota, & Tiban, 2009).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стан і тенденції розвитку ринку меду досліджено у (Данкевич В., Данкевич Є., & Пивовар, 2018; Журавльова, & Сментина, 2019; Луців, Жолінська, & Сеник, 2020). На обсяги виробництва та експорту продуктів бджільництва безпосередній вплив має кількість бджолосімей. В Україні в останні роки зменшується їх кількість, однак за обсягами експорту меду Україна належить до десятки основних світових виробників меду.

У працях (Pirvutoiu, & Popescu, 2011; Soyulu, & Silici, 2018; Zak, 2017) показано, що розвиток національних ринків продукції бджільництва обмежений рядом факторів, до яких належить масова загибель бджіл у багатьох країнах, обмежені природні ресурси, несприятливі природно-кліматичні умови, подорожчання паливно-мастильних матеріалів тощо. Відповідні тенденції позначаються і на глобальному ринку продукції бджільництва.

Проблеми фальсифікації меду розглянуто в працях (Jaafar та ін., 2020; Sea, Wahab, Yaacob, & Groshal, 2019; Zhang, & Abdulla, 2022). Мед як високоякісна їжа вразливий до фальсифікації. Фальсифікація меду представлена різноманітними видами: асортиментна (часткова заміна цінних видів менш цінними), кількісна (відхилення від номінальної маси або об'єму), інформаційна (неточна, неправдива інформація про мед у маркуванні та рекламі, підроблення сертифіката відповідності, товаросупровідних і митних документів, ветеринарного свідоцтва, штрих-коду), якісна (додавання до натурального меду різноманітних домішок: цукрів, цукрового сиропу, крохмалю чи борошна, цукрової або крохмальної патоки, штучного чи зацукрованого меду). Мед став мішенню нечесних осіб і виробників, які отримують прибуток від цього прибуткового бізнесу.

За даними (Se, Ghoshal, & Lani, 2018; Zabrodska, & Vorlova, 2014), найбільш часто для фальсифікації меду використовується кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, інвертований цукровий сироп, тростинний цукровий сироп, пальмовий цукор, сироп з високим вмістом фруктози інуліну тощо.

У праці (Bertelli та ін., 2010) представлено метод ЯМР для дослідження фальсифікації меду шляхом навмисного додавання різних концентрацій сиропів. ЯМР-спектроскопія дає змогу швидко отримати ЯМР-спектри та виявити домішки в меді з одночасним кількісним визначенням різних хімічних сполук з одного спектра, що може допомогти зрозуміти складні хімічні маркери в меді. Показано, що цей метод має високу відтворюваність результатів.

Автори (Cordella та ін., 2002) використовували диференціальну скануючу калориметрію для вивчення термічної поведінки меду та промислових цукрових сиропів. Результати досліджень показали хорошу відтворюваність методу для всіх досліджуваних зразків, ефекти фальсифікації меду промисловими сиропами виявилися помітними на рівні 5%. Встановлено лінійну залежність між відсотком доданого сиропу й температурою склування за результатами ентальпії плавлення в температурному діапазоні 40—90 °С.

У працях (Das, 2017; Li та ін., 2017) використано спектроскопію ближнього інфрачервоного діапазону для якісного та кількісного виявлення меду, фальсифікованого кукурудзяним сиропом з високим вмістом фруктози або мальтозним сиропом. Спектри записували в режимі трансфлексії з використанням різних методів моделювання: найменших квадратів, регресії, м'якого незалежного моделювання класових аналогів (SIMCA) тощо. Фальсифікація сиропами збільшує кількість вільних молекул води та зменшує кількість структурованих молекул води, особливо тримерів води, які полегшують взаємодію з іншими молекулами. Значення абсорбції в певних спектральних областях вказують на вміст домішок через відмінності хімічних компонентів між чистим медом і сиропами.

Автори (Morales, Corzo, & Sanz, 2008) вивчали профілі олігосахаридів для виявлення фальсифікації меду з використанням кукурудзяного сиропу і кукурудзяних сиропів з високим вмістом фруктози. Було проаналізовано 9 цукрових сиропів та 25 зразків меду за допомогою високоефективної аніонообмінної хроматографії в поєднанні з імпульсним амперометричним детектуванням. Зразки попередньо обробляли активованим вугіллям для видалення моно- та дисахаридів. Цей метод дає змогу виявити фальсифікації меду кукурудзяним сиропом у кількості до 5%.

У праці (Ruiz-Matute, Rodriguez-Sanchez, Sanz, & Martinez-Castro, 2010) використано метод газової хроматографії для виявлення фальсифікації меду інуліновими сиропами з високим вмістом фруктози. Досліджено вуглеводний склад сиропів різного ступеня полімеризації. У всіх пробах виявлено фруктозу, сахарозу, діангідриди фруктози, інулобіозу, кетози та інулотріозу. За результатами проведених експериментів встановлено, що інулотріоза виявилася найкращим маркером для виявлення фальсифікації меду в цих сиропах.

У працях (Trifkovic, Andric, & Yesilada, 2019; Zhang, & Abdulla, 2022) показано ефективність використання газової хроматографії для виявлення летких і напівлетких молекул (аромат меду), таких як моносахариди, дисахариди, трисахариди та домішки (кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, інуліновий сироп з високим вмістом фруктози, інверсний цукровий сироп) у меді.

Високоефективну рідинну хроматографію використовують для ідентифікації широкого спектра хімічних маркерів для виявлення фальсифікації меду (Kamal, & Klein, 2011; Wang та ін., 2015), але вона вимагає розчинників, газу-носія, реагентів, трудомісткого процесу підготовки зразків і значного часу, щоб зразки пройшли всередині колонок для отримання остаточних результатів. Крім того, система може аналізувати лише один зразок за раз. Тому ці методи можуть бути непридатними для великомасштабних застосувань.

Незважаючи на постійний розвиток методів виявлення фальсифікованого меду, необхідно активізувати зусилля для розробки нових і передових аналітичних методів, які дають змогу легко і швидко перевіряти справжність меду.

Мета дослідження: аналіз проблем і перспектив розвитку методів визначення фальсифікації меду натурального.

Матеріали і методи. Під час дослідження використано методи аналізу та синтезу, наукового узагальнення і порівняння даних наукових джерел. Методи аналізу та синтезу взаємопов'язані (Важинський, & Щербак, 2016; Крушельницька, 2003; П'ятницька-Позднякова, 2003). При підготовці статті їх використано одночасно, оскільки після виконання аналітичної роботи виникла потреба в синтезі та інтеграції результатів аналізу.

Інформаційною базою дослідження були роботи вітчизняних і зарубіжних вчених.

Викладення основних результатів дослідження. Фальсифікація меду може бути прямою або непрямою та купажною. При прямій фальсифікації до меду додають певне співвідношення сиропів для підвищення його солодкого смаку, в той час як при непрямій фальсифікації бджіл годують цукровими сиропами для збільшення виходу меду у вуликах.

Рослини, які є джерелами речовин, що використовуються для фальсифікації меду, можна класифікувати як рослини С3 та С4, зважаючи на їх вуглецевий обмін. Рослинами С3 є рис, пшениця та буряк, тоді як кукурудза та цукрова тростина належать до С4.

Рослини С3 фіксують атмосферний CO_2 за допомогою циклу Кальвіна, першим продуктом якого є тривуглецева 3-фосфогліцерінова кислота, рослини С4 фіксують CO_2 за допомогою циклу Хетча-Слака з утворенням чотириуглецевої щавлевооцтової кислоти.

Аналіз співвідношення стабільних ізотопів вуглецю (SCIRA) є одним із прийнятих стандартних методів виявлення домішок у меді (Padovan, Jong, Rodrigues, & Marchini, 2003) і використовується також для розрізнення меду різного ботанічного походження (Bontempo та ін., 2017). Цей метод добре себе зарекомендував для виявлення фальсифікації меду з додаванням цукрових сиропів з рослин С4 (Guler та ін., 2014). Виявлення домішок цукру з рослин С3 є більш складним, оскільки їхній профіль $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ дуже схожий на цукри в натуральному меді, до того ж його найнижча межа виявлення починається з 20% і насправді є досить високою, що вимагає подальших досліджень для покращення його чутливості.

Інфрачервона (ІЧ) спектроскопія є популярним методом виявлення домішок у меді. Цій техніці надають перевагу через кілька помітних характеристик, таких як швидкість, легкі протоколи підготовки зразків, придатність до реального моніторингу. Як правило, ІЧ-спектри вимірюють у двох областях — близькій (N) ($10000\text{—}4000\text{ см}^{-1}$) і середній (M) ($4000\text{—}450\text{ см}^{-1}$). ІЧ-спектроскопія може точно ідентифікувати широкий спектр домішок, отриманих із рослин С3 та С4.

Сpektри комбінаційного розсіювання (раманівська спектроскопія) доповнюють інформацію, отриману з інфрачервоних спектральних даних, і при використанні в поєднанні з хеометричними методами можуть забезпечити високоточну кількісну оцінку різних домішок цукру в меді (Li, Shan, & Ling, 2012; Zhang, &

Abdulla, 2022). Раманівська спектроскопія є швидкою та економічно ефективною без виснажливої попередньої обробки зразків, тому підходить для аналізу на місці.

Високоєфективна аніонообмінна хроматографія, інтегрована із системою імпульсного амперометричного детектування (HPLC-PAD), використовується для оцінки вуглеводного складу меду, включаючи моно-, ди-, оліго- та полісахариди, однак необхідна кропітка робота з удосконалення, щоб скоротити трудомісткий етап попередньої обробки зразків, перш ніж цю техніку можна буде використовувати для звичайного скринінгу (Megherbi, Herbreteau, Faure, & Salvador, 2009).

Додавання цукру поєднується з термічною обробкою для виробництва однорідної суміші і продажу її як чистого меду споживачам. При тепловій обробці меду утворюється проміжна сполука гідроксиметилфурфурол, що є маркером фальсифікації меду. Високоєфективна рідинна хроматографія, газова хромато-мас-спектрометрія, міцелярна електрокінетична хроматографія і вольтаметрія є методами, які застосовують для визначення гідроксиметилфурфуролу у фальсифікованому меді (Basar, & Ozdemir, 2018; Fakhlaei et al., 2020). Крім того, спостерігається тенденція до зниження значень pH і зростання активності води (a_w) при додаванні фруктози і сахаридів у чистий мед (Hostalkova, Klingelhofer, & Morlock, 2013).

Диференційну скануючу калориметрію використовують для визначення термічних властивостей меду (температура фазового переходу, ентальпія плавлення і зміна теплоємності) під впливом безпосереднього додавання фальсифікаторів цукрового сиропу (Sobrinho-Gregorio, Vargas, Chiralt, & Escrich, 2017; Turhan, Tetik, & Tavukcuoglu, 2008). Сиропи і мед мають істотні відмінності в теплових явищах, а також амплітудах і положеннях на температурній шкалі.

Крім гідроксиметилфурфуролу, ферментативна активність діастази може використовуватися для виявлення фальсифікації меду (Yilmaz, 2014). Ферментативна активність — показник, що відображає процес перетворення нектару в мед в процесі дозрівання. У разі фальсифікації меду цукровим сиропом значно знижується ферментативна активність, кількість інвертного цукру, мінеральних речовин і підвищується рівень сахарози.

Вміст азоту, проліну, калію і натрію в чистому меді набагато вищий, ніж у фальсифікованому меді. Вміст амінокислот у меді становить 50—300 мг/кг, пролін є найбільш поширеною амінокислотою (50—85%), тому коефіцієнт концентрації проліну (180 мг/кг) є індикаційним значенням для диференціації натурального та фальсифікованого меду (Nisbet, Kazak, & Ardali, 2018).

Вологість меду характеризує його зрілість і визначає придатність для тривалого зберігання. Залежить від пори медозбору, погоди, вологості місцевості, співвідношення цукрів, умов зберігання, виду тари.

Непряма фальсифікація останнім часом стала серйозною проблемою. З усіх фальсифікацій меду цю підробку визначити найважче. Складність виявлення цукрового меду полягає в тому, що склад натурального меду мінливий і показники якості меду можуть помилково бути прийняті за показники, що характеризують його як фальсифікат.

Ефективним методом виявлення меду фальсифікованого за допомогою цукрових сиропів є одновимірний (1D) і двовимірний (2D) ядерний магнітний

резонанс (ЯМР) (Bertelli та ін., 2010). Надвисокопродуктивна рідинна хроматографія у поєднанні з час-прольотною мас-спектрометрією (UHPLC/Q-TOF-MS) застосовується для виявлення непрямої фальсифікації меду кукурудзяним сиропом з високим вмістом фруктози та інвертованим сиропом (Arroyo-Manzanares, 2019).

При купажній фальсифікації високоякісний мед змішують з більш дешевим, який має низьку якість і поживність. Методом купажування також змішують більш цінні монофлорні меди з поліфлорними сортами з різних партій, які відрізняються фізико-хімічними й органолептичними показниками, характеристиками аромату і смаку. Купажування також проводять для реалізації старого меду, додаючи при цьому різні ароматизатори, добавки і барвники. Використовують різні методи виявлення такої фальсифікації: рідинну хроматографію поєднанні з електрохімічним детектуванням, ^1H ЯМР-спектроскопію, ІЧ-спектроскопію (Fakhlaei, 2020; Sea, Wahab, Yaacob, & Groshal, 2019; Zabrodskaya, & Vorlova, 2014) та інші методи.

Висновки

Якщо порівняти зі спектроскопічними методами, традиційні хроматографічні методи за своєю суттю потребують багато часу, залежить від кваліфікованого персоналу, дорого коштують і використовують токсичні та неекологічні витратні матеріали. Точність і надійність хроматографічних методів є незаперечними, оскільки широкий спектр фальсифікаторів меду успішно ідентифіковано за допомогою хроматографії.

Спектроскопічні методи є більш практичними при виявленні домішок у меді через шахрайські дії, оскільки ці методи прості у виконанні та швидші, ніж хроматографічні методи. ЯМР чудовий і надійний метод для виявлення домішок меду, але його висока ціна та вимога до кваліфікованого персоналу обмежують застосування цього методу.

Література

- Важинський, С. Е., Шербак, Т. І. (2016). *Методика та організація наукових досліджень*: навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка.
- Данкевич, В., Данкевич, Є., Пивовар, П. (2018). Формування кон'юнктури світового ринку меду: сучасний стан і перспективи для українських експортерів. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. Vol. 4 (2), 37—54. URL: www.are-journal.com.
- Журавльова, А., Сментина, Н. (2019). Кон'юнктура світового ринку меду та перспективи для України. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 1 (264). 48—62. <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2019-1-264-48-52>.
- Крушельницька, В. О. (2003). *Методологія та організація наукових досліджень*: навч. посіб. К.: Кондор.
- Луців, Н., Жолинська, Г., Сенік, Л. (2020). Ринок меду натурального. *Товари і ринки*, 4, 43—56. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(36\)04](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(36)04).
- П'ятницька-Позднякова, І. С. (2003). *Основи наукових досліджень у вищій школі*: навч. посібник. К.
- Arroyo-Manzanares, N., Garcia-Nicolas, M., Castell, A., Campillo, N., Vinas, P., Lopez-Garcia, I., Hernandez-Cordoba, M. (2019). Untargeted headspace gas chromatography–ion mobility spectrometry analysis for detection of adulterated honey. *Talanta*. 205:120123. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120123>.

- Basar, B., Ozdemir, D. (2018). Determination of honey adulteration with beet sugar and corn syrup using infrared spectroscopy and genetic-algorithm-based multivariate calibration. *J. Sci. Food Agric*, 98:5616—5624. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9105>.
- Bertelli, D, Lolli, M, Papotti, G, Bortolotti, L, Serra, G., Plessi, M. (2010). Detection of honey adulteration by sugar syrups using one-dimensional and two-dimensional high-resolution nuclear magnetic resonance. *J Agric Food Chem*, 58: 8495—8501. <https://doi.org/10.1021/jf101460t>.
- Bontempo, L., Camin, F., Ziller, L., Perini, M., Nicolini, G., Larcher, R. (2017). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. *Measurement*, 98: 283—289. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.022>.
- Cordella, C., Antinelli, J., Aurieres, C., Faucon, J., Cabrol-Bass, D., Sbirrazzuoli, N. (2002). Use of differential scanning calorimetry (DSC) as a new technique for detection of adulteration in honeys. 1. Study of adulteration effect on honey thermal behavior. *J Agric Food Chem*, 50: 203—208. <https://doi.org/10.1021/jf010752s>.
- Das, C., Chakraborty, S., Acharya, K., Bera, N., Chattopadhyay, D., Karmakar, A., Chattopadhyay, S. (2017). FT-MIR supported Electrical Impedance Spectroscopy based study of sugar adulterated honeys from different floral origin. *Talanta*, 171: 327—334. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.05.016>.
- Fakhlai, R., Selamat J., Khatib, A., Razis, A., Sukor, R., Ahmad, S., Babadi, A. (2020). The Toxic Impact of Honey Adulteration: A Review. *Foods*, 9 (11): 1538. <https://doi.org/10.3390/foods9111538>.
- Guler, A., Kocaokutgen, H., Garipoglu, A. V., Onder, H., Ekinci, D., Biyik, S. (2014). Detection of adulterated honey produced by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies fed with different levels of commercial industrial sugar (C3 and C4 plants) syrups by the carbon isotope ratio analysis. *Food Chem.*, 155: 155—160. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.033>.
- Hostalkova, A., Klingelhofer, I., Morlock, G. (2013). Comparison of an HPTLC method with the Reflectoquant assay for rapid determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey. *Anal. Bioanal. Chem.*, 405: 9207—9218. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7339-6>.
- Jaafar, M., Othman, M., Yaacob, M., Talip, B., Ilyas, M., Ngajikin, N., Fauzi, N. (2020). A Review on Honey Adulteration and the Available Detection Approaches. *Int. J. Integr. Eng.*, 12 (2): 125—131. <https://doi.org/10.30880/ijie.00.00.0000.00.0000>.
- Kamal, M., Klein, P. (2011). Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi J. Biol. Sci.*, 18: 17—21. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.09.003>.
- Li, S., Shan, Y., Zhu, X., Zhang, X., Ling, G. (2012). Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 28 (1): 69—74. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.006>.
- Li, S., Zhang, X., Shan, Y., Su, D., Ma, Q., Wen, R., Li, J. (2017). Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 218: 231—236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.105>.
- Megherbi, M., Herbreteau, B., Faure, R., Salvador, A. (2009). Polysaccharides as a marker for detection of corn sugar syrup addition in honey. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 2105—2111. <https://doi.org/10.1021/jf803384q>.
- Morales, V., Corzo, N., Sanz, M. (2008). HPAEC-PAD oligosaccharide analysis to detect adulterations of honey with sugar syrups. *Food Chem.*, 107: 922—928. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.050>.
- Nisbet, C., Kazak, F., Ardali, Y. (2018). Determination of quality criteria that allow differentiation between honey adulterated with sugar and pure honey. *Biol. Trace Elem. Res.*, 186: 288—293. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1305-2>.
- Padovan, G., Jong D., Rodrigues L., Marchini J. (2003). Detection of adulteration of commercial honey samples by the 13C/12C isotopic ratio. *Food Chem.*, 82: 633—636. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00504-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00504-6).
- Pilizota, V., Tiban, N. (2009). Category: natural products advances in honey adulteration detection. *Food Safety Magazine*, 60—64. URL:<http://www.foodsafetymagazine.com/articlepf.asp?pid=3320&sub=sub1>.

- Pirvutoiu, I., Popescu, A. (2011). Analysis of Romania's Honey Market. *Animal Science and Biotechnologies*, 44 (2): 500—503.
- Rahman, M., Gan, S., Khalil, M. (2014). Neurological effects of honey: Current and future prospects. *Evid. Based Complement. Altern. Med.*, 958721. <https://doi.org/10.1155/2014/958721>.
- Rao, P., Krishnan, K., Salleh, N., Gan, S. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: A comparative review. *Rev. Bras. Farmacogn.*, 26: 657—664. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.01.012>.
- Ruiz-Matute, A., Rodriguez-Sanchez, S., Sanz, M., Martinez-Castro, I. (2010). Detection of adulterations of honey with high fructose syrups from inulin by GC analysis. *J. Food Compos Anal.*, 23 (3): 273—276. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.10.004>.
- Samarghandian, S., Farkhondeh, T., Samini, F. (2017). Honey and health: A review of recent clinical research. *Pharmacogn. Res.*, 9 (2): 121—127. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.204647>.
- Se, K., Ghoshal, S., Wahab, R., Ibrahim, R., Lani, M. (2018). A simple approach for rapid detection and quantification of adulterants in stingless bees (Heterotrigona itama) honey. *Food Res. Int.*, 105: 453—460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.012>.
- Sea, K., Wahab, R., Yaacob, S., Groshal, S. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: Challenges and recent trends. *Journal of Food Composition and Analysis*. 80: 16—32. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.04.001>.
- Sobrinho-Gregorio, L., Vargas, M., Chiralt, A., Escriche, I. (2017). Thermal properties of honey as affected by the addition of sugar syrup. *J. Food Eng.* 213: 69—75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.014>.
- Soylu, M., Silici, S. (2018). Honey consumption preferences of university students. *Journal of Human Sciences*, 15 (1): 386—399. <https://doi.org/10.14687/jhs.v15i1.5255>.
- Trifkovic, J., Andric, F., Ristivojevic, P., Guzelmeric, E., Yesilada, E. (2019). Analytical methods in tracing honey authenticity. *Journal of AOAC International*. 100 (4): 827—839. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0142>.
- Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F., Tavukcuoglu, H. (2008). Quality of honeys influenced by thermal treatment. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 41 (8): 1396—1399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.09.008>.
- Wang, S., Guo, Q., Wang, L., Lin, L., Shi, H., Cao, H., Cao, B. (2015). Detection of honey adulteration with starch syrup by high performance liquid chromatography. *Food Chem.*, 172: 669—674. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.044>.
- Yilmaz, M., Tatlisu, N., Toker, O., Karaman, S., Dertli, E., Sagdic, O., Arici, M. (2014). Steady, dynamic and creep rheological analysis as a novel approach to detect honey adulteration by fructose and saccharose syrups: Correlations with HPLC-RID results. *Food Res. Int.*, 64: 634—646. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.009>.
- Zabrodska, B., Vorlova, L. (2014). Adulteration of honey and available methods for detection — a review. *Acta Vet.*, 83: 85—102. <https://doi.org/10.2754/avb201483S10S85>.
- Zak, N. (2017). Honey market in the opinion of young consumers. *Handel wewnętrzny*, 1(366): 424—438.
- Zhang G., Abdulla W. (2022). On honey authentication and adulterant detection techniques (2022). *Food Control*, 138. 108992. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108992>.

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF RIPENING PROCESS IN THE PRODUCTION OF LOW-FAT SOUR MILK ICE CREAM WITH OAT β -GLUCAN

A. Mykhalevych, G. Polischuk, T. Osmak, U. Kuzmyk

National University of Food Technologies

Key words:

Whey ice cream

Mixes

Dynamic viscosity,

Ripening

β -glucan

Composition optimization

Article history:

Received 15.09.2022

Received in revised form

30.09.2022

Accepted 14.10.2022

Corresponding author:

G. Polischuk

E-mail:

milknuft@i.ua

ABSTRACT

The chemical composition of low-fat and fat-free ice cream, in particular, based on whey, is significantly different from traditional types of this product, which is associated with the low viscosity of the mixes during ripening and, as a result, the appearance of defects in the consistency and taste of the finished product.

This problem can be solved by using natural technological and functional additives of plant origin, which have moisture-binding and structuring ability, in the composition of ice cream.

The purpose of the research was to determine the optimal technological parameters of the ripening process of fat-free ice cream mixes with varying oat β -glucan content.

A significant influence on the ripening process of fat-free ice cream mixtures was determined by the temperature of the sour-milk mixes, the duration of ripening, and the mass fraction of oat β -glucan. According to the defined parameters, a full-factorial experiment was conducted. The adequacy of the obtained regression equation, which describes the dependence of the dynamic viscosity of ice cream mixes of fat-free sour-milk mix on the variable conditions of their ripening process, was proved. According to this equation, response surfaces were constructed and lines of constant values of the response function were obtained in the Mathcad 15 mathematical medium, confirming the significant influence of the determined parameters of the ripening process on the dynamic viscosity of ice cream mixes.

Using the steep ascent method, the optimal parameters of the ripening process and the composition of the ice cream mix were determined: the mass fraction of oat β -glucan — 0,5...0,6%, the temperature of the mix — 2...3 °C, the duration of ripening — 4...4,5 hours. Adherence to the specified technological parameters increases the dynamic viscosity of the non-fat ice cream mix in the given range of values, which ensures the proper structuring of the mixes and the formation of a creamy and stable ice cream structure during freezing.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВИЗРІВАННЯ СУМІШЕЙ НЕЖИРНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЗИВА З В-ГЛЮКАНОМ ВІВСА

А. П. Михалевич, Г. Є. Поліщук, Т. Г. Осьмак, У. Г. Кузьмик

Національний університет харчових технологій

Хімічний склад низькожирного та нежирного морозива, зокрема на основі сироватки, суттєво відрізняється від традиційних видів цього продукту, що пов'язано з низькою в'язкістю сумішей під час визрівання та, як наслідок, виникненням вад консистенції і смаку готового продукту.

Вказана проблема може бути вирішена за рахунок використання у складі морозива натуральних функціонально-технологічних добавок рослинного походження, що володіють вологозв'язувальною і структуруюючою здатністю.

Мета проведеного дослідження — визначення оптимальних технологічних параметрів процесу визрівання сумішей нежирного морозива за варійованого вмісту β -глюкану вівса.

Визначено суттєвий вплив на процес визрівання сумішей нежирного морозива кислomолочного температури суміші, тривалості визрівання та масової частки β -глюкану вівса. Відповідно до визначених параметрів проведений повнофакторний експеримент. Доведено адекватність отриманого рівняння регресії, що описує залежність динамічної в'язкості сумішей морозива нежирного кислomолочного від змінних умов процесу їх визрівання. Відповідно до цього рівняння побудовано поверхні відгуку та одержано лінії постійних значень функції відгуку в математичному середовищі Mathcad 15, що підтверджують суттєвий вплив визначених параметрів процесу визрівання на динамічну в'язкість сумішей морозива.

За допомогою методу крутого сходження визначено оптимальні параметри процесу визрівання і складу суміші морозива: масова частка β -глюкану вівса — 0,5...0,6%, температура суміші — 2...3 °С, тривалість визрівання — 4...4,5 год. Дотримання визначених технологічних параметрів підвищує динамічну в'язкість суміші нежирного морозива в заданому діапазоні значень, що забезпечує належне структуроутворення сумішей і формування кремоподібної та стійкої структури морозива під час фризирования.

Ключові слова: сироваткове морозиво, суміші, динамічна в'язкість, визрівання, β -глюкан, оптимізація складу.

Постановка проблеми. Одним із основних процесів у виробництві морозива є визрівання сумішей. Під час цього процесу в сумішах проходять фізико-хімічні зміни складових компонентів системи, зокрема відбувається кристалізація молочного жиру, білки молока і стабілізаційна система в процесі витримки набухають і поглинають вологу, що структурує суміші, запобігає утворенню великих кристалів льоду в процесі заморожування і підвищує збитість морозива.

β -глюкан вівса є натуральною добавкою рослинного походження з вираженими функціонально-технологічними властивостями, такими як висока піноутво-

рююча, емульгуюча, вологозв'язуюча, жиро- та вологоутримуюча здатності, що може ефективно запобігати виникненню вад низькожирного морозива. Зокрема, відомо про здатність β -глюкану вівса стримувати ріст кристалів льоду і, як наслідок, запобігати утворенню грубокристалічної структури морозива, загущувати суміші морозива під час визрівання, що безперечно впливатиме на тривалість цього процесу (Aljewicz, Majcher, & Nalepa, 2020). Саме тому введення до рецептурного складу нежирного кисломолочного морозива β -глюкану вівса вимагає додаткового дослідження його впливу на процес визрівання сумішей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. (1,3; 1,4)- β -d-глюкан відноситься до групи полісахаридів β -d-глюкози (глюканів), що зустрічаються в природі в клітинних стінках злаків (овес, ячмінь), бактерій, грибів і дріжджів (Shoukat, & Sorrentino, 2021). Їх використовують як структуроутворюючі агенти в косметичній, нутріцевтичній (Ahmad, & Ahmed, 2016) і харчовій галузях (Kaur, Sharma, Ji, Xu, & Agyei, 2019; Havrlentová et al., 2011). Хімічна структура (1,3; 1,4)- β -d-глюкану представлена на рис. 1.

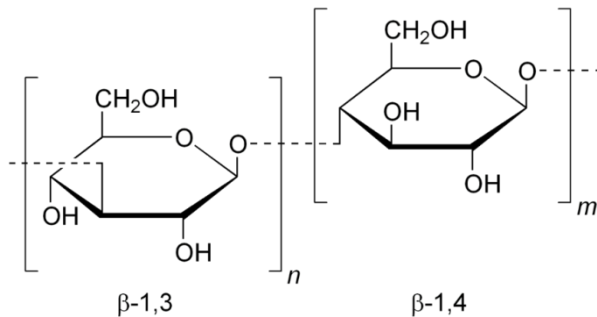


Рис. 1. Хімічна структура (1,3; 1,4)- β -d-глюкану (Du, Meenu, Liu, & Xu, 2019)

β -глюкани злаків, зокрема вівса, являють собою лінійні полісахариди, що з'єднанні 1,3- і 1,4-вуглецевими зв'язками. β -глюкани вівса здатні утворювати структуру, схожу на скупчення кластерів до моменту досягнення критичної концентрації, що робить їх пластичними (Henrion, Francey, Lê, & Lamothe, 2019; Fan, Ma, Zhou, Yuan, & Cao, 2019). Саме це явище обумовлює структуроутворюючі властивості β -глюкану вівса, що є доволі перспективними для його застосування у виробництві морозива.

Дані наукової літератури щодо рекомендованих значень динамічної в'язкості сумішей морозива досить суперечливі та коливаються в діапазоні 100...800 мПа·с (Goff, & Hartel, 2013; Amador, Hartel, & Rankin, 2017). Водночас мінімально рекомендованими величинами коефіцієнта динамічної в'язкості сумішей морозива є 140...145 мПа·с (Mykhalevych, Sapiga, Polischuk, & Osmak, 2022).

Густина сумішей морозива пов'язана з його хімічним складом. У виробництві нежирного кисломолочного морозива досягнення такого значення коефіцієнта динамічної в'язкості, зазвичай, є складним завданням за низького вмісту сухих речовин, зокрема білка та мінеральних солей (Polishchuk, 2021; Voronin, Roberts, Felix, Coupland, & Harte, 2020; Osmak, Mleko, Bass, Mykhalevych, & Kuzmyk, 2021;

Rolon, Bakke, Coupland, Hayes, & Roberts, 2017; Pintor, Severiano-Pérez, & Totosa-us, 2014). За результатами попередніх досліджень функціональних і технологічних властивостей β -глюкану вівса встановлено, що за вираженої стабілізуючої здатності його доцільно застосовувати в технології морозива з низьким вмістом жиру (Sapiga, Polischuk, Buniowska, Shevchenko, & Osmak, 2021). За своєю хімічною будовою β -глюкан вівса наближений до камедей (гуарової, ріжкового дерева тощо), що використовуються як стабілізатори або компоненти стабілізаційних систем у технології різних видів морозива (Wang, & Ellis, 2014; Silva et al., 2021; Anttila, Sontag-Strohm, & Salovaara, 2004). Саме тому його застосування в рецептурному складі нежирного кисломолочного морозива може зменшити потребу в традиційних стабілізаторах (Mykhalevych, Sapiga, Polischuk, & Osmak, 2022) та збагатити продукт харчовою клітковиною (Burkus, & Temelli, 2000). З метою дослідження впливу β -глюкану на процес визрівання морозива та його взаємодії з іншими показниками (температура суміші, тривалість визрівання) було вирішено провести повнофакторний експеримент, що дасть змогу найбільш якісно визначити оптимальні параметри.

Мета дослідження: визначення оптимальної дози β -глюкану вівса та вплив цього полісахариду на технологічні параметри процесу визрівання сумішей нежирного морозива.

Матеріали і методи. Склад сумішей морозива нежирного ацидофільно-сироваткового обумовлений такими характеристиками:

- масова частка сухих речовин — 39,61%, з них цукру — 9%, концентрату демінералізованої сироватки гідролізованого — 30%, у тому числі білків — 3,3%;
- масова частка β -глюкану вівса на рівні 0,1...0,9%, що співвідноситься з рекомендаціями щодо його дозування в молочних продуктах, зокрема морозиві та заморожених десертах (Shibani, Asadollahi, Eshaghi, 2021; Aljewicz, Majcher, & Nalepa, 2020).

Оптимізацію технологічних параметрів визрівання сумішей нежирного морозива проводили за загальновідомим методом крутого сходження (Осьмак, Скорченко, & Касьянова, 2011; Goots, Yushchenko, & Kuzmyk, 2018).

Кількість дослідів для повнофакторного експерименту розраховували за формулою (1):

$$N = 2^n, \quad (1)$$

де N — кількість дослідів; n — число факторів.

Значення факторів для верхнього і нижнього рівнів розраховували за формулами (2), (3):

$$C_i^+ = C_{io} + \lambda_i; \quad (2)$$

$$C_i^- = C_{io} - \lambda_i, \quad (3)$$

де C_i^+ , C_i^- і C_{io} — значення фактора в натуральних величинах, відповідно, на верхньому, нижньому та нульовому рівні; λ_i — інтервал варіювання фактора; i — номер фактора.

Перевірку відтворюваності результатів експерименту проводили за допомогою оцінки дисперсій за формулою (4):

$$S_{yj}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{j1} - y_{сер})^2}{m-1}. \quad (4)$$

Для перевірки гіпотези про однорідність оцінок дисперсій використовували критерій Кохрена, який визначається як відношення максимальної оцінки дисперсій до суми всіх дисперсій за формулою (5):

$$Gp = \frac{S_y^2 \max}{\sum_{j=1}^N S_{yj}^2}. \quad (5)$$

Коефіцієнти рівняння регресії розраховували за формулами (6), (7):

$$b_0 = \frac{\sum y_u}{N}; \quad (6)$$

$$b_i = \frac{\sum x_{iu} y_u}{N}. \quad (7)$$

Середню для всього експерименту дисперсію відтворюваності середнього значення процесу обчислювали за формулою (8):

$$S_y^2 = \frac{S_y^2}{m}. \quad (8)$$

Дисперсія коефіцієнтів рівняння регресії була визначена за формулою (9):

$$S_{bi}^2 = \frac{S_y^2}{N}. \quad (9)$$

Загальна помилка коефіцієнтів рівняння регресії була визначена за формулою (10):

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2}. \quad (10)$$

Оцінку дисперсії адекватності знаходили за формулою (11):

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{N-d} \sum_{j=1}^N (y_{екс} - y_p)^2. \quad (11)$$

Перевірку гіпотези про адекватність проводили з використанням критерію Фішера за формулою (12):

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2}. \quad (12)$$

Статистична обробка даних і побудова графіків поверхні та контуру була проведена за допомогою інженерно-математичної програми Mathcad 15 (MathSoft, Inc.).

Викладення основних результатів дослідження. Для визначення оптимальних параметрів визрівання суміші нежирного кисломолочного морозива було проведено системний аналіз досліджуваної технології морозива, що дало змогу розробити параметричну схему підсистеми визрівання суміші морозива (рис. 2).

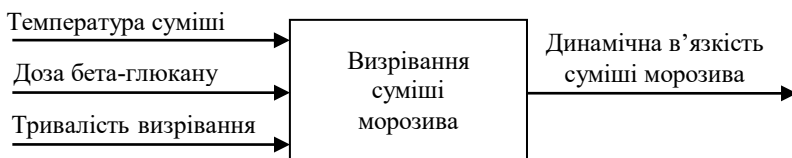


Рис. 2. Параметрична схема підсистеми визрівання суміші морозива

Факторами, що мають суттєвий вплив на процес визрівання суміші морозива, були прийняті: температура визрівання (X_1), тривалість визрівання (X_2) та масова частка бета-глюкану (X_3) (табл. 1). Як критерії оптимальності було прийнято діапазон значень динамічної в'язкості на рівні 144...146 мПа·с.

Таблиця 1. Фактори, що суттєво впливають на процес визрівання морозива

Фактор	Одиниці вимірювання	Нульовий рівень	Інтервал варіювання	Верхній рівень «+»	Нижній рівень «-»
X_1 (t)	°C	5	2	10	0
X_2 (τ)	год	5	1	8	2
X_3 (мч)	%	0,5	0,2	0,9	0,1

Для полегшення оцінювання даних трифакторного експерименту дійсні значення змінних були переведені в кодовані. Результати перевірки відтворюваності результатів експерименту наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Матриця планування експерименту в кодованих змінних та отримані результати

№ досліду	Значення фактора (X)			Середнє значення оптимізації ($y_{сер}$)	Оцінка дисперсії ($S_{y_j}^2$)	Критерій Кохрена	Загальна дисперсія відтворюваності (S_y^2)
	X_1	X_2	X_3				
1	-	-	-	141,2	1,33	0,31	1,62
2	+	-	-	143,1	0,45		
3	-	+	-	141,9	0,44		
4	+	+	-	148,5	1,79		
5	-	-	+	143,1	3,12		
6	+	-	+	144,2	0,45		
7	-	+	+	150,4	1,33		
8	+	+	+	149,3	4,01		

Оскільки обчислене значення Кохрена (табл. 2) є меншим за табличне ($G_{табл.} = 0,516$), то виконується рівність $G_p < G_{табл.}$, а отже, гіпотеза про однорідність дисперсій підтверджується. Це означає, що відмінність між дисперсіями відсутня.

Для руху до точки оптимуму за результатами факторного експерименту можна одержати опис досліджуваної системи чи процесу у вигляді поліноміального рівняння регресій (Guo, & Mettas, 2010). Відповідно до матриці експерименту вво-

дяться додаткові допоміжні стовпчики, що дає змогу розрахувати коефіцієнти рівняння регресії (табл. 3).

Таблиця 3. Обчислені коефіцієнти рівняння регресії

Коефіцієнт	Значення коефіцієнта	Значимість
b_0	145,207	Значущий
b_1	1,061	Значущий
b_2	2,314	Значущий
b_3	1,543	Значущий
b_{12}	0,290	Незначущий
b_{23}	0,771	Значущий
b_{13}	-1,061	Значущий
b_{123}	-0,868	Значущий

Коефіцієнти рівняння регресії (табл. 3) вважають значимими, якщо виконується така нерівність:

$$|b_i| > t \sqrt{S_{bi}^2}, \quad (13)$$

де t – критерій Стюдента, що визначається за довідковими таблицями ($t = 2,2$). Це дає змогу знехтувати факторами X_{12} . Рівняння регресії в кодованій формі має такий вигляд:

$$y = 145,207 + 1,061_{x1} + 2,314_{x2} + 1,543_{x3} + 0,771_{x2x3} - 1,061_{x1x3} - 0,868_{x1x2x3}.$$

Перевірку гіпотези про адекватність рівняння регресії проводять з використанням критерію Фішера. Розраховане значення становить 1,25, тобто виконується нерівність $F_p < F_{табл.}$, що підтверджує адекватність отриманого рівняння регресії досліджуваного процесу.

Відповідно до отриманого рівняння регресії було отримано поверхні і лінії рівня в математичному середовищі Mathcad 15 (рис. 3—5).

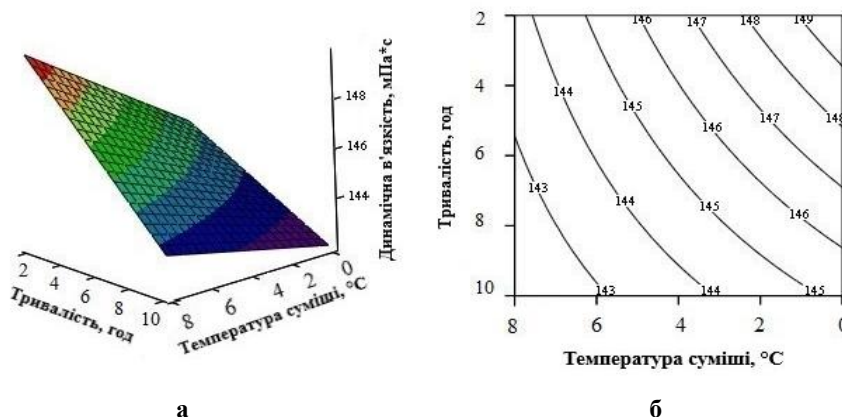


Рис. 3. Вплив тривалості і температури визрівання на в'язкість суміші морозива:
а — графік поверхні; б — графік контуру

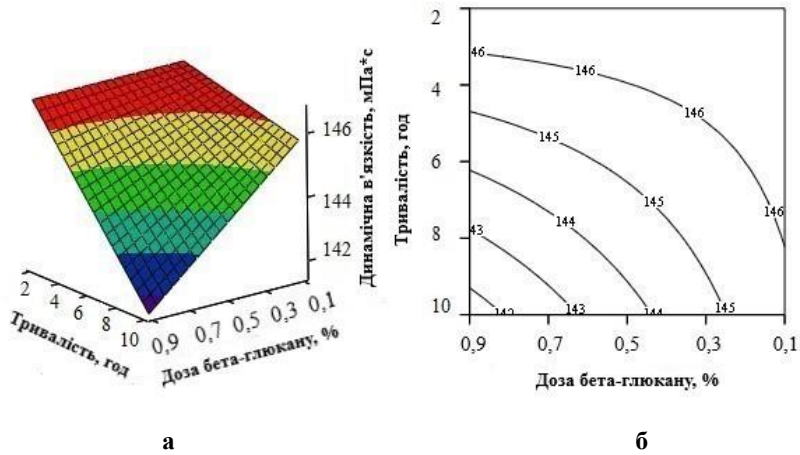


Рис. 4. Вплив дози β -глюкану вівса і температури визрівання на в'язкість суміші морозива: а — графік поверхні, б — графік контуру

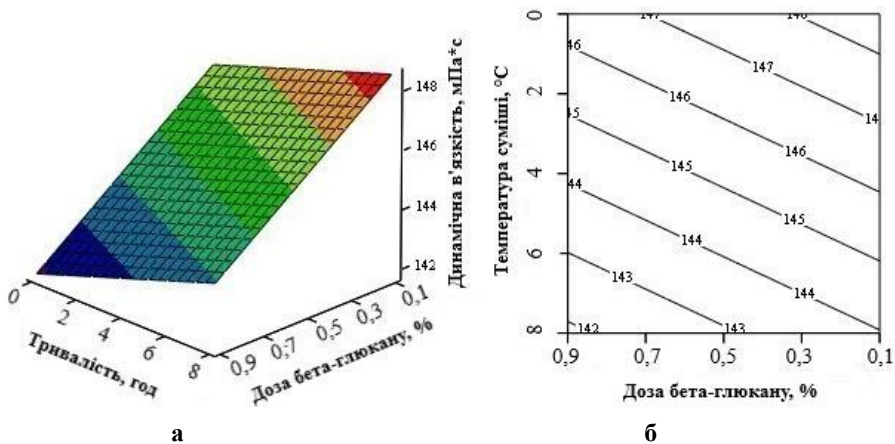


Рис. 5. Вплив дози β -глюкану вівса і температури визрівання на в'язкість сумішей морозива: а — графік поверхні, б — графік контуру

Для встановлення оптимальних параметрів процесу визрівання складаємо програму крутого сходження за методом Бокса-Вілсона (табл. 4).

Таблиця 4. Програма крутого сходження

Назва	Фактори	
	$x_1, ^\circ\text{C}$	$x_3, \%$
Інтервал варіювання, λ_i	2	0,2
Коефіцієнт, β_i	3,803	4,667
Добуток, $\lambda_i\beta_i$	7,606	0,933
Інтервал, α_i	1	2,045
Крок крутого сходження, h_i	1	2

За програмою крутого сходження були проведені додаткові дослідження, в результаті яких вдалося отримати оптимальні значення процесу визрівання (табл. 5).

Таблиця 5. Матриця планування експерименту

Номер досліджу	Фактори оптимізації		Критерій оптимізації, динамічна в'язкість, мПа·с
	x ₂ , °C	x ₃ , %	
1	2	0,3	144
2	4	0,5	145
3	6	0,7	146

Отже, оптимальні значення такі: температура — 2...3 °C, кількість бета-глюкану — 0,5...0,6%. Відомо, що максимальна тривалість визрівання сумішей морозива за температури 0...6 °C не повинна перевищувати 24 год, в той час як мінімальною є 2 год, а рекомендованою — 4 год, що узгоджується з отриманими даними (табл. 5). Водночас зменшення тривалості визрівання до двох годин можливе за збільшення дози β-глюкану, що залежить від ступеня очищення добавки (Ahmad, & Ahmed, 2016) та може суттєво впливати на якісні показники морозива, а тому потребує додаткових наукових досліджень.

Висновки

За допомогою математичного методу моделювання одержано рівняння регресії, що описує закономірності процесу визрівання суміші низькожирного кисло-молочного морозива та є адекватним, оскільки виконується умова $F_p < F_{табл.}$ ($1,25 < 3,01$).

Аналіз математичної моделі підтвердив вплив дози внесення β-глюкану вівса, температури суміші й тривалості визрівання на динамічну в'язкість морозива.

Визначено оптимальні параметри процесу визрівання і складу суміші: масова частка β-глюкану вівса — 0,5...0,6 %, температура суміші — 2...3 °C, тривалість визрівання — 4...4,5 год.

Література

- Осьмак, Т. Г., Скорченко, Т. А., Касьянова Н. О. (2011). Оптимізація рецептурного складу морозива «Сирок». *Харчова промисловість*, 10—11, 96—101.
- Ahmad, A., Ahmed, Z. (2016). 11 — Nutraceutical aspects of β-glucan with application in food products. *Nanotechnology in the Agri-Food Industry*, 2016, 387—425. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804305-9.00011-7>.
- Aljewicz, M., Majcher, M., Nalepa, B. (2020). A Comprehensive Study of the Impacts of Oat β-Glucan and Bacterial Curdlan on the Activity of Commercial Starter Culture in Yogurt. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25 (22), 5411. <https://doi.org/10.3390/molecules25225411>.
- Amador, J., Hartel, R., Rankin, S. (2017). The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream. *J. Food Sci.*, 82, 1851—1860.
- Anttila, H., Sontag-Strohm, T., Salovaara, H. (2004). Viscosity of beta-glucan in oat products. *Agricultural and Food Science*, 13 (1—2), 80—87. <https://doi.org/10.2137/1239099041838012>.
- Burkus, Z., Temelli, F. (2000). Stabilization of emulsions and foams using barley β-glucan. *Food Research International*, 33, 27—33. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00020-X).

- Catalkaya, E. C., Sengül, F. (2006). Application of Box-Wilson experimental design method for the photodegradation of bakery's yeast industry with UV/H₂O₂ and UV/H₂O₂/Fe(II) process. *Journal of hazardous materials*, 128 (2—3), 201—207. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.07.052>.
- Du, B., Meenu, M., Liu, H., Xu, B. (2019). A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of β -Glucan. *International journal of molecular sciences*, 20 (16), 4032. <https://doi.org/10.3390/ijms20164032>.
- Fan, R., Ma, P., Zhou, D., Yuan, F., Cao, X. (2019). The properties and formation mechanism of oat β -glucan mixed gels with different molecular weight composition induced by high-pressure processing. *PLOS ONE*, 14 (12), e0225208. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225208>.
- Goff, H. D., Hartel, R. W. (2013). *Ice Cream*. Springer: Boston, MA, USA.
- Goots, V., Yushchenko, N., Kuzmyk U. (2018). Development of mathematic model of spiced sour-milk pastas quality. *Food and Environment Safety*, 2, 224—232.
- Guo, H., Mettas, A. (2010). Design of experiments and data analysis. In *2012 Annual Reliability and Maintainability Symposium*.
- Havrlentová, M., Petruláková, Z., Burgárová, A., Gago, F., Hlinková, A., Šturdík, E. (2011). β -glucans and their significance for the preparation of functional foods — a review. *Czech J. Food Sci.*, 29, 1—14.
- Henrion, M., Francey, C., Lê, K. A., Lamothe, L. (2019). Cereal B-Glucans: The Impact of Processing and How It Affects Physiological Responses. *Nutrients*, 11 (8), 1729. <https://doi.org/10.3390/nu11081729>.
- Kaur, R., Sharma, M., Ji, D., Xu, M., Agvei, D. (2019). Structural Features, Modification, and Functionalities of Beta-Glucan. *Fibers*, 8 (1), 1. <https://doi.org/10.3390/fib8010001>.
- Mykhalevych, A., Sapiga, V., Polischuk, G., Osmak, T. (2022). Functional and technological properties of oat beta-glucan in acidophilic-whey ice cream. *Food and Environment Safety*, 21 (2), 116—128. <https://doi.org/10.4316/fens.2022.012>.
- Osmak, T., Mleko, S., Bass, O., Mykhalevych, A., Kuzmyk, U. (2021). Enzymatic hydrolysis of lactose in concentrates of reconstituted demineralized whey, intended for ice cream production. *Ukrainian Food Journal*, 10 (2), 277—288. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-2-6>.
- Pintor, A., Severiano-Pérez, P., Totosa, A. (2014). Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology. *Food science and technology international. Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional*, 20 (7), 489—500. <https://doi.org/10.1177/1082013213493100>.
- Polishchuk, G., Kochubei-Lytvynenko, O., Osmak, T., Kuzmyk, U., Bass, O., Mykhalevych, A., Sapiga, V. (2021). Scientific explanation of composition of acidophilic-whey ice cream, enriched with protein. *Food and Environment Safety Journal*, 20 (1), 13—20. <https://doi.org/10.4316/fens.2021.002>.
- Rolon, M. L., Bakke, A. J., Coupland, J. N., Hayes, J. E., Roberts, R. F. (2017). Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream. *Journal of dairy science*, 100 (7), 5217—5227. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12379>.
- Sapiga, V., Polischuk, G., Buniowska, M., Shevchenko, I., Osmak, T. (2021). Polyfunctional properties of oat β -glucan in the composition of milk-vegetable ice cream. *Ukrainian Food Journal*, 691. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-4-5>.
- Shibani, F., Asadollahi, S., Eshaghi, M. (2021). The effect of beta-glucan as a fat substitute on the sensory and physico-chemical properties of low-fat ice cream, *Journal of Food Safety and Processing*, 1 (1), 71—84.
- Shoukat, M., Sorrentino, A. (2021). Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 56, 2088—2097. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14971>.
- Silva, I. M. V., Machado, F., Moreno, M. J., Nunes, C., Coimbra, M. A., Coreta-Gomes, F. (2021). Polysaccharide Structures and Their Hypocholesterolemic Potential. *Molecules*, 26 (15), 4559. <https://doi.org/10.3390/molecules26154559>.

Voronin, G. L., Roberts, R., Felix, T. L., Coupland, J. N., Harte, F. M. (2020). Effect of high-pressure-jet processing on the physiochemical properties of low-fat ice cream mix. *Journal of dairy science*, 103 (7), 6003—6014. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17814>.

Wang, Q., Ellis, P. (2014). Oat β -glucan: Physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *British Journal of Nutrition*, 112 (S2), 4—13. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002256>.

STUDY OF THE PROPERTIES OF COOKIES MADE FROM A MIXTURE OF WHEAT AND AMARANTH FLOUR WITH THE ADDITION OF THE EXTRACT OF THE HERB OF MOLDAVIAN DRAGON`SHEAD

V.Sukmanov, D.Nikolaenko
Poltava State Agrarian University

Keywords:	ABSTRACT
<i>Cookies</i> <i>Wheat flour</i> <i>Amaranth flour</i> <i>Subcritical water extraction</i> <i>Biologically active substances</i> <i>Moldavian dragon`shead Properties</i>	The article provides scientifically based data on the properties of cookies made from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from Moldavian dragon`shead, obtained by the method of subcritical extraction. Rational values of the parameters of the subcritical extraction process were determined: temperature — 160 °C, duration of extraction — 25 minutes: ratio of hydration — 1:25; fraction size — 1.0±0.5 mm; the pressure is 6 MPa, which ensures the output of the target product at the level of 26±0.5 mg/dry Moldavian dragon`s head. The amount of dry extract in the cookie recipe was determined organoleptically and was 20%, or 20 g of extract per 100 g of flour. It was established that the viscosity parameters of the dough decreased with an increase in the addition of amaranth flour to the recipe; mixing amaranth and wheat flour significantly reduces viscosity parameters. The physical properties of the developed cookies demonstrated reduced baking losses, increased diameter, greater spreading coefficient, and lower hardness, resulting in the milder flavor characteristics required of cookies. The diameter and distribution ratio were found to be higher in cookies with amaranth flour — 52.20 mm and 6.46, respectively, compared to other mixes (20—80%) cookies with 51.37 to 51.92 mm and 6.13 to 6.36 respectively. Texture measurement showed that the hardness of the developed cookies decreased with the addition of amaranth flour from 145 N (control sample) to 72.4 N. The use of amaranth flour had a significant effect on the color characteristics of the cookies. It was proved that the use of amaranth flour and Moldavian dragon`s head extract in cookie technology is effective from the point of view of its technological indicators and nutritional properties.</p> <p>The proposed technology of cookies from a mixture of wheat and amaranth flour with the addition of an extract from the Moldavian dragon`sheadallows to produce cookies of increased nutritional value, due to the use of amaranth flour, which is a good source of protein, fiber and fat compared to wheat flour and extract of the Moldavian dragon`shead.
Article history: Received 09.09.2022 Received in revised form 27.09.2022 Accepted 12.10.2022	
Corresponding author: V. Sukmanov E-mail: sukmanovvaleri@gmail.com	

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕЧИВА ІЗ СУМІШІ ПШЕНИЧНОГО ТА АМАРАНТОВОГО БОРОШНА З ДОДАВАННЯМ ЕКСТРАКТУ ТРАВИ ЗМІЄГОЛОВНИКА МОЛДАВСЬКОГО

В. О. Сукманов, Д. А. Николаєнко

Полтавський державний аграрний університет

У статті отримано науково обґрунтовані дані про властивості печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування.

Експериментально визначено раціональні значення параметрів процесу субкритичного екстрагування: температура — 160 °С, тривалість екстрагування — 25 хв; гідромодуль — 1:25; розмір фракції — 1,0±0,5 мм; тиск — 6 МПа, що забезпечує вихід цільового продукту на рівні 26±0,5 мг/ сухого змієголовника молдавського. Кількість сухого екстракту в рецептурному складі печива було визначено органолептично та склала 20%, або 20 г екстракту на 100 г борошна.

Встановлено, що параметри в'язкості тіста знижувалися зі збільшенням додавання борошна амарантового в рецептуру; змішування амарантового та пшеничного борошна значно знижує параметри в'язкості. Фізичні властивості розробленого печива продемонстрували зменшення втрат при випіканні, збільшення діаметра, більший коефіцієнт поширення та меншу твердість, що призвело до більш м'яких смакових характеристик, які вимагаються від печива. Виявлено, що діаметр і коефіцієнт розподілу були вищими в печива з амарантового борошна 52,20 мм та 6,46 відповідно, порівняно з іншими сумішами (20—80%) печива з 51,37 до 51,92 мм та від 6,13 до 6,36 відповідно. Вимірювання текстури показало, що твердість розробленого печива знизилася при додаванні борошна амаранту зі 145 Н (контрольний зразок) до 72,4 Н. Використання амарантового борошна значно вплинуло на колірні характеристики печива. Доведено, що використання амарантового борошна й екстракту змієголовника молдавського в технології печива є ефективним з точки зору його технологічних показників і харчових властивостей.

Запропонована технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського дає змогу виробляти печиво підвищеної харчової цінності завдяки використанню амарантового борошна, яке є хорошим джерелом білка, клітковини та жиру порівняно з пшеничним борошном, та екстракту змієголовника молдавського, який є джерелом біологічно активних речовин і покращує органолептичні властивості продукту.

Ключові слова: печиво, пшеничне борошно, амарантове борошно, екстрагування субкритичною водою, біологічно активні речовини, змієголовник молдавський, властивості.

Постановка проблеми. Печиво є одним з найпоширеніших продуктів харчування. Як правило, печиво готують з пшеничного борошна, в якому не вистачає

деяких незамінних амінокислот, таких як лізин і триптофан, тоді як зерна амаранта багаті на лізин і триптофан. Цей факт свідчить про актуальність розробки технології з використанням комбінування пшеничного та амарантового борошна, що збільшить його поживну цінність.

Зростаючі вимоги споживачів до якості продуктів харчування, в тому числі і кондитерських виробів, спричинили зростання попиту та використання природних харчових ароматизаторів і пряно-ароматичних сумішей у технологіях кондитерських виробів, що позитивно впливає на конкуренцію, збільшення асортименту на ринку продукції та підвищення попиту на низькокалорійні, дієтичні вироби й продукти на основі білкових концентратів.

Серед сотень рослин, які використовуються як сировина в технологіях харчових продуктів, заслуговує на увагу однорічна трав'яниста рослина змієголовник молдавський (*Dracocephalum moldavica* L.), що є чудовою ефірно-олійною сировиною.

Для отримання екстрактів із змієголовника молдавського застосовують різні методи, але найбільш ефективною та інноваційною технологією є екстрагування біологічно активних речовин субкритичною водою.

Таким чином, розробка технології печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання комбінованого рецептурного складу є одним із перспективних напрямів. Комбіноване борошно має економічну цінність у країнах, що розвиваються, оскільки воно знижує навантаження на імпортоване пшеничне борошно і сприяє використанню як борошна вирощуваних на місці сільськогосподарських культур (Sindhuja та ін., 2005; Миколенко, & Захаренко, 2020; Hasmadi та ін., 2014; Hugo та ін., 2000).

Для виробництва печива, зокрема й безглютенового, сьогодні використовують борошно (гречане, кукурудзяне, рисове) (van Riemsdijk, & van der Goot, 2011), крохмаль (картопляний, кукурудзяний) (Marti, & Barbiroli, 2014) та жировмісні компоненти (сухі вершки, сухе молоко з різним відсотком жиру) (Бабіч, 2006). При виробництві безглютенових кексів і печива використовують цукрози, фруктози та глюкози (Лазоренко, 2011; Дорохович, 2010).

Для покращення структури виробів запропоновано застосовувати безглютенові види борошна з підвищеним вмістом білка (льняне, соргове, амарантове тощо) з метою підвищення харчової цінності та структурно-механічних властивостей готової продукції.

Амарантове та льняне борошно відрізняються від пшеничного зниженою вологістю, вищою водопоглинальною здатністю і вмістом поживних речовин. Слід зазначити, що технологія переробки зерна суттєво позначається на вмісті білка, жиру, білості й запаху борошна. Незначне зниження намочуваності печива і поліпшення органолептичних властивостей, амінокислотного складу вказують на доцільність застосування амарантового борошна, особливо тонкодисперсного помелу, для виробництва цукрового і здобного печива при співвідношенні амарантового борошна до пшеничного як 1:1 і 3:5 відповідно. Використання 5% попередньо гідратованого льняного борошна до маси пшеничного борошна поліпшує якість цукрового і здобного печива на амарантово-пшеничному борошні.

Доведено, що використання амарантового та льняного борошна з прийнятними функціонально-технологічними властивостями позитивно впливає на якість цукрового і здобного печива на розробленій композиційній суміші, підвищує його біологічну цінність (Миколенко, & Захаренко, 2020).

Зерновий амарант має кілька привабливих властивостей: відсутність глютену, високоякісний білок і наявність великої кількості клітковини та мінералів, таких як кальцій та залізо (Ballabio та ін., 2011). Більш того, ці зерна також є джерелом багатьох біоактивних сполук (фітостерини, поліфеноли, сапоніни та сквален), що сприяють зміцненню здоров'я (Alvarez-Jubete, 2010).

Ряд досліджень показали покращену поживну цінність печива за рахунок включення темно-синьої квасолі, насіння кунжуту (Hoojjat, & Zabik, 1984), кукурудзяного волокна (Artz, 1990), соєвого білка та клітковини, нута, сочевиці (Zusso та ін., 2011), ячменю (Gupta та ін., 2011), сої, кукурудзи (Mishra та ін., 2012) тощо. (Sharma, & Gujral, 2014).

Маса ефірної олії може досягати від 0,85% до 1,90% загальної маси рослини (Gray, & Bemiller, 2003). Ефірна олія змієголовника молдавського володіє дуже цінними характеристиками, має світло-жовтий колір і виражений лимонно-м'ятний аромат. Приблизно на 36—42% вона складається з цитралю (Wang Choi, & Kerr, 2004), що є дуже цінною речовиною, та широко використовується в харчовій промисловості як ароматизатор. Крім цитралю, до складу ефірного масла змієголовника молдавського входять гераніол (18—23%) та геранілацетат (19—25%) (Wang Choi, & Kerr, 2004), що наділяють його м'ятно-лимонним ароматом. Завдяки своєму виразному лимонному запаху ефірна олія змієголовника молдавського може виступати чудовим заміником лимона в технології кондитерських виробів, що дасть змогу для людей з алергією на цей фрукт не відмовлятися від продуктів харчування з його вмістом, а замінити на аналог, у якому не присутні відповідні алергени.

Враховуючи цінність і перспективність сировини, багато досліджень спрямовано на глибоке вивчення її властивостей. Заслугує на увагу стаття (Шейченко та ін., 2021), яка акумулює значну частку раніш проведених досліджень. Аналіз, визначення складу фракцій та їхніх органолептичних властивостей змієголовника молдавського проведено у (Фролова, 2006; Фролова, 2010).

Існують різні способи вилучення ефірної олії та інших біологічно активних речовин із сировини. Екстрагування субкритичною водою є досить перспективним методом, оскільки водні настої та відвари є найбільш фізіологічно чистими формами для організму людини. Важливою перевагою цього методу є використання води одночасно як середовища для розчинення біологічно активних речовин та як реагенту хімічної реакції. Суть методу полягає в тому, що як екстрагент використовують воду і під дією температури 100—374 °C та тиску до 22,4 МПа вона набуває низької в'язкості, високого коефіцієнта дифузії, невеликого міжфазного натягу, але при цьому не втрачає властивостей розчинника (Сукманов, 2019). Відносна дешевизна методу, його екологічна безпечність і проста розділення екстрагента робить екстрагування субкритичною водою одним з найбільш доречних методів виділення ефірної олії зі змієголовника молдавського.

Мета дослідження: отримання науково обґрунтованих даних про властивості печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з

трави змієголовника молдавського, отриманого методом субкритичного екстрагування.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — властивості печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського. Предмет дослідження — фізичні, технологічні, органолептичні властивості печива.

Пшеничне та амарантове борошно, жир, цукор, сухе знежирене молоко та сіль були придбані у роздрібній торгівлі.

Враховуючи підвищений попит споживачів харчових продуктів на натуральні, природні інгредієнти (антиоксиданти, розпушувачі, стабілізатори, імітатори запаху та кольору), з метою підвищення якості печива у його рецептурному складі було використано екстракт з листя змієголовника молдавського.

Усі частини цієї рослини містять ефірну олію. Ефірна олія, отримана зі свіжих рослин, — це прозора рідина світло-жовтого кольору з лимонним запахом, яка може бути джерелом отримання цитралю (25—70%). Крім того, в олії містяться гераніол (30%), тимол, нерол (7%) та інші сполуки. У плодах міститься 20—25% жирної олії.

Ефірна олія використовується в харчовій промисловості в основному для ароматизації харчових продуктів. Квітки і листя змієголовника мають приємний запах лимона. Вони використовуються в кулінарії у свіжому та сушеному вигляді як приправа (безпосередньо перед подачею на стіл), для ароматизації салатів, перших і других овочевих, м'ясних, рибних страв, а також при засолюванні огірків, томатів та для приготування хлібного квасу, чаю, компоту.

Листя змієголовника молдавського було придбано через роздрібну торгівлю (сайт «Prom»).

Експериментальні дослідження процесу отримання екстракту були проведені в науково-дослідній лабораторії «Субкритичні технології в харчових виробництвах» ПДАУ (рис. 1).

Для екстрагування сировини в середовищі субкритичної води було використано реактор високого тиску РВД-2-500, який забезпечує такі параметри екстрагування: температура — до 220 °С, тиск — до 20 МПа. Екстрагування проводили згідно з Керівництвом з експлуатації реактора високого тиску РВД-2-500.

Хімічний склад борошна (пшеничного та амарантового), включаючи вміст вологи, жиру, золи, клітковини та білка, визначали згідно з чинними ДСТУ.

Профілі показників в'язкості досліджуваних зразків вивчали за допомогою аналізатора Rapid Visco Analyzer — RVA, (Newport Scientific Pvt. Ltd, Австралія). Зразок борошна (3 г) змішували з 25 мл дистильованої води в контейнері для зразка RVA, щоб отримати загалом 28 г суспензії борошна. Суспензію борошна витримували при 50 °С протягом 1 хв, потім нагрівали до 95 °С протягом 3 хвилин. Суспензію витримували при 95 °С протягом 3 хв, охолоджували до 50 °С протягом 4 хв, а потім витримували при цій температурі протягом 2 хвилин.

Властивість рідини чинити опір силам, що зсувають її, називається динамічною в'язкістю. Динамічна в'язкість рідини обумовлюється силами зчеплення між молекулами і за величиною дорівнює силі, що перешкоджає їх переміщенню.

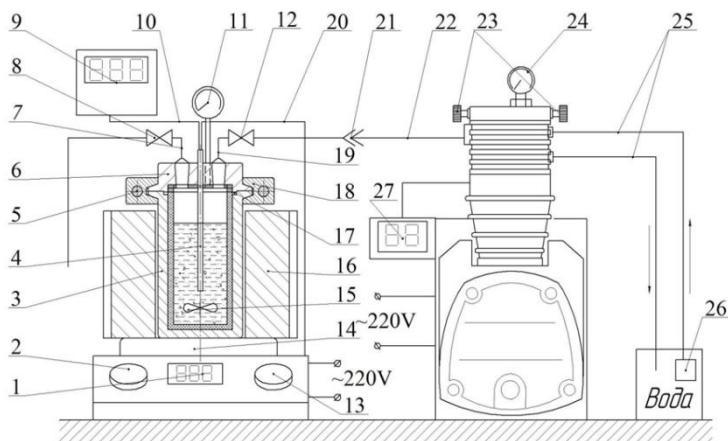


Рис. 1. Принципова схема установки для отримання екстрактів у середовищі субкритичної води: 1 — дисплей магнітної мішалки; 2 — регулятор температури; 3 — стакан реактора; 4 — термопара; 5 — гвинти; 6 — кришка стакану реактора; 7 — спускний канал; 8 — вентиль спускного каналу; 9 — додатковий датчик температур; 10 — провід додаткового датчика температури; 11 — манометр реактора; 12 — вентиль впускного каналу; 13 — регулятор магнітної мішалки; 14 — магнітна мішалка з підігрівом; 15 — елемент магнітної мішалки; 16 — термоблок; 17 — прокладка фторопласта; 18 — хомут; 19 — впускний канал; 20 — провід основного датчика температури; 21 — з'єднання високого тиску; 22 — шланг високого тиску; 23 — спускні гвинти компресора; 24 — манометр компресора; 25 — водопровід охолодження; 26 — насос системи охолодження компресора; 27 — датчик температури компресора

Геометричні параметри (діаметр і товщину) вимірювали штангенциркулем у двох різних місцях кожного печива та розраховували середнє значення для кожного. Коефіцієнт поширення розрахований за формулою: діаметр печива, розділений на висоту печива. Втрати печива при випіканні розраховували шляхом його зважування до і після випікання. Різниця у вазі була усереднена та представлена як відсоток втрати при випіканні.

Вимірювання кольору печива проводили з використанням колориметра Hunter, оснащеного оптичним датчиком (Hunter Associates Laboratory Inc., Рестон, Вірджинія, США) на основі системи CIE L^* , a^* , b^* . Значення показника L^* вимірюють від чорного до білого (0—100), показник a^* вимірював почервоніння, а показник b^* — жовтизну.

Твердість випеченого печива вимірювали за допомогою аналізатора текстури (ТА-ХТ2і, Stable Micro Systems, Велика Британія) у режимі стиснення за допомогою зонда з гострим лезом. Попередні, тестові та післятестові швидкості становили 1,5, 2 та 10 мм/с відповідно. Твердість, максимальне пікове зусилля, вимірювали більш ніж шістьма печивами для кожного зразка. Пікову силу руйнування печива виражали як силу руйнування, Н.

Печиво, виготовлене з пшеничного борошна і борошна з цільного насіння амаранта, було піддано органолептичній оцінці за участю 12 експертів, залучених з університетської спільноти. Печиво оцінювали на смак, аромат, хрусткість, колір і загальну прийнятність. Оцінки виставлялися за 9-бальною гедоністичною шкалою від 9 (дуже подобається) до 1 (вкрай не подобається). Усі учасники ди-

скусії були постійними споживачами печива. Для полоскання рота між оцінками давали воду кімнатної температури. Контроль — печиво із 100% пшеничного борошна.

Експериментальні дані були представлені як середнє $\pm$ стандартне відхилення трьох визначень. Статистичні розрахунки проводилися у програмі Microsoft Excel.

Результати і обговорення. Печиво було приготоване з використанням таких інгредієнтів: борошно (100 г), шортенінг (топлене масло, Dalda, Індія) (40 г), цукор (40 г), сухе знежирене молоко (10 г), сіль (1,0 г), натрію бікарбонат (1,0 г), сухий екстракт змієголовника молдавського (20 г) та вода (12—22 мл). Шортенінг і цукор змішували з утворенням крему, потім додавали до суміші борошна, бікарбонату натрію та сухого знежиреного молока й ретельно перемішували до утворення тіста. Тісто замішували і розкочували до однорідної товщини 0,25 см і розрізали на круглі форми діаметром 5 см. Випічку проводили при 170 °C протягом 15 хвилин. Зразки печива охолоджували та зберігали в герметичних контейнерах.

Контрольні разки печива робили з пшеничного борошна без додавання екстракту змієголовника молдавського. При приготуванні печива амарантове борошно змішувалося з пшеничним борошном різного рівня (20% — зразок А1, 40% — зразок А2, 60% — зразок А3, 80% — зразок А4 і 100% — зразок А5).

Використання в рецептурному складі печива шортенінгу (*shortening*), який часто використовують у кулінарному виробництві, особливо у приготуванні тіста або кондитерських кремів, обґрунтовано тим, що цей продукт практично не відрізняється від брусочка вершкового масла, хоча має набагато світліший колір, ніж масло. Він містить рослинні рафіновані олії, у тому числі бавовняну, арахісову, кокосову або пальмову, антиокислювачі та емульгатори. Масова частка жиру в ньому становить 99%. При кімнатній температурі він не розм'якшується як вершкове масло, його структура залишається твердішою. На відміну від вершкового масла, шортенінг має нейтральний смак. Це робить його корисним для використання там, де сильні жирні пахощі небажані. Застосовується у промисловому виробництві вафельних начинок, печива, шоколадних виробів, цукерок для хлібобулочних виробів. Також використовується при виробництві тіста, щоб воно стало розсипчастим і пишним.

Контрольні разки печива було зроблено з пшеничного борошна та без додавання екстракту змієголовника молдавського.

Дослідженнями хімічного складу пшеничного й амарантового борошна, що було використано для приготування печива встановлено, що амарантове борошно має високий вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини та золи порівняно з пшеничним борошном (табл. 1).

Таблиця 1. Склад пшеничного та амарантового борошна

Зразки	Волога	Попіл	Сирий жир	Сирий протеїн	Сира клітковини
Пшеничне борошно	11,3 $\pm$ 0,06	1,3 $\pm$ 0,04	1,6 $\pm$ 0,05	10,56 $\pm$ 0,03	1,2 $\pm$ 0,04
Амарантове борошно	8,13 $\pm$ 0,15	2,93 $\pm$ 0,08	6,68 $\pm$ 0,08	15,05 $\pm$ 0,05	3,0 $\pm$ 0,03

Основною перевагою екстрагування у середовищі субкритичної води є можливість ефективного вилучення ефірних олій, в той час як при звичайних умовах екстрагування це можливо лише при використанні органічних розчинників, наприклад, спирту. Тому, зважаючи на той факт, що загальним показником ефективності процесу екстрагування може бути вихід сухих речовин, які містять суму біологічно активних речовин, в тому числі й присутні в рослинній сировині ефірні олії, як показник ефективності субкритичного екстрагування було обрано саме загальний вихід сухих речовин.

Аналіз апріорної інформації (Сукманов, 2019) свідчить, що серед технологічних параметрів, що впливають на ефективність екстрагування (температура і тривалість екстрагування, тиск, гідромодуль — відношення маси сухої сировини до маси екстрагенту та розмір фракції сировини), найбільше значення мають перші два параметри.

Спираючись на інформацію (Сукманов, 2019), було обрано: гідромодуль — 1:25; розмір фракції — $1,0 \pm 0,5$ мм; тиск — 6 МПа. Значення параметрів температури екстрагування варіювали у таких межах: 120, 140 і 160 °C. Тривалість екстрагування — до 30 хвилин. Результати досліджень представлені на рис. 2.

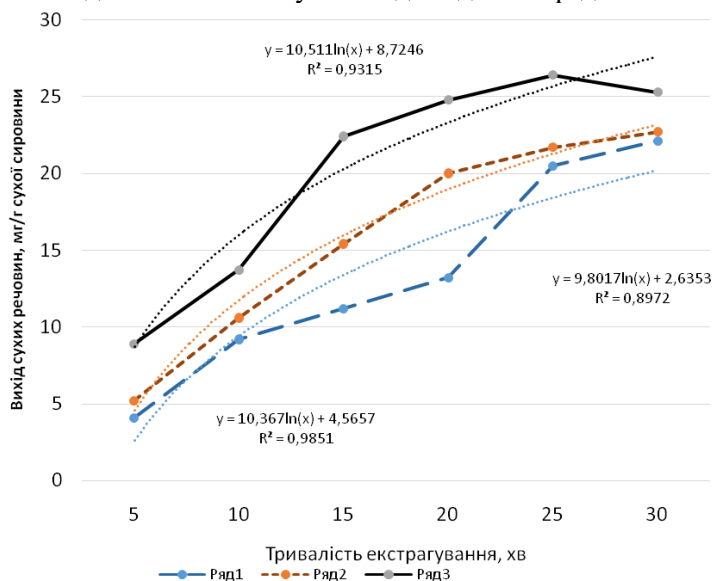


Рис. 2. Вихід сухих біологічно активних речовин із змігловника молдавського при різних значеннях параметрів процесу екстрагування: тиск 6 МПа, гідромодуль 1:25; розмір фракції $1,0 \pm 0,5$ мм

Отримані експериментальні дані були апроксимовані такими функціями:

при 120 °C, ряд 1: $y = 9,8017\ln(x) + 2,6353$, $R^2 = 0,8972$;

при 140 °C, ряд 2: $y = 10,367\ln(x) + 4,5657$, $R^2 = 0,9851$;

при 160 °C, ряд 3: $y = 10,511\ln(x) + 8,7246$, $R^2 = 0,9315$.

Аналіз отриманих результатів дав змогу обрати такі раціональні значення параметрів: температура — 160 °C; тривалість екстрагування — 25 хв; гідромодуль — 1:25; розмір фракції — $1,0 \pm 0,5$ мм; тиск — 6 МПа. При таких пара-

метрах процесу забезпечується вихід цільового продукту на рівні $26 \pm 0,5$ мг сухо-го змієголовника молдавського.

Рідкий екстракт висушували до отримання сухого екстракту з вмістом вологи не більше ніж 4%, пакували в герметичні пакети і зберігали в сухому прохолодному місці для подальшого використання в дослідженнях.

Кількість сухого екстракту в рецептурному складі печива було визначено органолептично. Експертній групі було запропоновано 5 зразків печива, рецептурний склад яких відрізнявся лише вмістом екстракту, які було оцінено в балах за такими показниками: колір і зовнішній вигляд, аромат, смак, текстура, загальне враження (рис. 3).



Рис. 3. Вплив вмісту сухого екстракту змієголовника молдавського у рецептурному складі печива на його бальну оцінку за органолептичними показниками

У подальших дослідженнях вміст змієголовника молдавського складав 20%, або 20 г екстракту на 100 г борошна. Результати дослідження пастоподібних властивостей тіста з пшеничного та комбінованого борошна (суміш пшеничного та амарантового борошна) показують, що контрольний зразок (тісто з пшениці) має максимальні значення параметрів в'язкості (максимальна, мінімальна, кінцева, проміжна) і температури (табл. 2).

Таблиця 2. Показники в'язкості тіста з досліджуваних зразків

Зразки	Максимальна в'язкість, Па·с	Мінімальна в'язкість, Па·с	Проміжна в'язкість, Па·с	Кінцева в'язкість, Па·с	Температура, °С
Контроль	$115,33 \pm 3,0$	$69,25 \pm 1,23$	$46,08 \pm 0,9$	$146,50 \pm 1,2$	$86,30 \pm 1,09$
A1	$99,83 \pm 2,86$	$68,83 \pm 2,05$	$31,0 \pm 2,41$	$129,0 \pm 2,37$	$84,75 \pm 0,56$
A2	$80,25 \pm 5,71$	$65,50 \pm 1,86$	$28,83 \pm 1,7$	$90,33 \pm 1,59$	$79,90 \pm 0,16$
A3	$79,50 \pm 4,30$	$62,75 \pm 2,13$	$22,16 \pm 1,1$	$86,00 \pm 4,12$	$79,10 \pm 0,54$
A4	$78,08 \pm 2,25$	$55,33 \pm 3,05$	$16,75 \pm 2,0$	$84,91 \pm 2,86$	$78,25 \pm 1,21$
A5	$77,50 \pm 3,39$	$49,25 \pm 1,16$	$14,75 \pm 2,14$	$75,75 \pm 3,69$	$76,65 \pm 0,23$

Показники знижувалися зі збільшенням додавання борошна амарантового в рецептуру. Змішування амарантового та пшеничного борошна значно знижує показники в'язкості, що пояснюється низькою в'язкістю тіста з амарантового борошна.

Аналіз результатів дослідження фізичних і геометричних показників (табл. 3) свідчить, що між досліджуваними зразками була значна різниця щодо товщини, діаметра, коефіцієнта розтікання та втрат при випіканні. За результатами було

помічено, що діаметр складового печива демонструє тенденцію до збільшення разом із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна. Ймовірно, це може бути пов'язано з нижчою в'язкістю амарантового борошна порівняно з пшеничним борошном, унаслідок чого в'язкість тіста знижується в міру збільшення додавання амарантового борошна та збільшення швидкості насипання. Тісто з нижчою в'язкістю змушує печиво розтікатися швидше. Коефіцієнт поширення печива — це відношення діаметра до висоти. Зразки печива з вищим коефіцієнтом поширення вважаються найбільш бажаними (Finney та ін., 1950). Результати показують, що коефіцієнт поширення комбінованого печива демонструє тенденцію до збільшення поряд із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна.

Таблиця 3. Фізичні та геометричні характеристики печива із суміші пшенично-амарантового борошна

Зразок	Маса, г	Товщина, мм	Діаметр, мм	Коефіцієнт поширення	Втрати при випіканні, г/100 г
Контроль	13,17 ± 0,11	8,78 ± 0,41	51,14 ± 0,04	5,82 ± 0,08	17,79 ± 0,22
A1	13,38 ± 0,21	8,49 ± 0,11	51,37 ± 0,11	6,13 ± 0,05	16,36 ± 0,09
A2	13,66 ± 0,15	8,30 ± 0,08	51,50 ± 0,23	6,20 ± 0,06	14,25 ± 0,31
A3	14,00 ± 0,19	8,24 ± 0,15	51,67 ± 0,09	6,29 ± 0,04	11,40 ± 0,24
A4	14,23 ± 0,22	8,16 ± 0,06	51,92 ± 0,19	6,36 ± 0,05	10,64 ± 0,18
A5	14,48 ± 0,19	8,07 ± 0,11	52,20 ± 0,16	6,46 ± 0,07	10,13 ± 0,20

Отримані результати добре узгоджуються з інформацією, наведеною раніше в праці (Singh та ін., 2003). Зафіксована динаміка цього показника дає змогу зробити припущення, що коефіцієнт розподілу печива збільшувався зі збільшенням вмісту білка амарантового борошна, що відрізняється від білка пшениці.

Втрати печива при випіканні зменшувалися зі збільшенням частки амарантового борошна в суміші. Причина цього в тому, що амарантове борошно має високу водоутримувальну здатність порівняно з пшеничним борошном через високий вміст білка.

Результати вимірювання кольору досліджуваних зразків печива у системі $L^*a^*b^*$ з різним вмістом амарантового борошна показано в табл. 4. Освітленість (L^*) композитного печива має тенденцію до зниження разом із збільшенням рівня заміщення амарантового борошна. Зменшення значень L^* вказує на те, що складове печиво темніше за кольором при вищих рівнях заміщення. З іншого боку, зворотна тенденція була помічена щодо почервоніння (a^*) та жовтизни (b^*) композитного печива. Збільшення значень a^* і b^* було помічено зі збільшенням вмісту амарантової муки при приготуванні печива. Аналогічні дослідження було викладено у праці (Chevallier та ін., 2000), автори якої припустили, що вміст білка негативно корелював з освітленістю печива, вказуючи на те, що реакція Маяра відігравала основну роль у формуванні кольору. Вважається, що підрум'янювання та карамелізація цукру в реакції Маяра призводить до утворення коричневих пігментів під час випічки (Laguna та ін., 2011).

Таблиця 4. Характеристики кольору та аналіз текстури печива із суміші пшеничного та амарантового борошна

Зразок	<i>L</i> -значення	<i>a</i> -значення	<i>b</i> -значення	Твердість, Н
Контроль	63,09 ± 0,21	6,31 ± 0,12	26,17 ± 0,14	145,09 ± 1,02
A1	62,57 ± 0,06	6,71 ± 0,17	26,71 ± 0,06	137,77 ± 1,84
A2	62,47 ± 0,08	7,17 ± 0,24	27,45 ± 0,19	118,29 ± 1,43
A3	61,37 ± 0,17	7,84 ± 0,20	28,12 ± 0,23	102,68 ± 0,89
A4	59,59 ± 0,24	8,12 ± 0,16	28,45 ± 0,07	88,58 ± 1,26
A5	59,01 ± 0,05	8,36 ± 0,08	29,36 ± 0,44	72,55 ± 1,17

Твердість усіх зразків печива істотно різниться. Зниження твердості при заміні амарантового борошна печиво може бути пов'язане зі зміною вмісту глютену. Зміни загального вмісту білка не були такими значними, як зміна вмісту глютену для формування композитної матриці тіста для печива (Kannika та Naphatrapi, 2022). Безперервна білкова матриця в пісочному печиві, такому як печиво з цукровою начинкою, може бути досягнута переважно за рахунок глютену під час випічки (Chevallier та ін., 2000). Отже, зменшення вмісту глютену в тісті для печива шляхом заміни його на борошно з амаранту призвело до уповільнення утворення матриць глютену, що сприяло значному зниженню твердості. Автори дослідження (Sindhuja та ін., 2005) також виявили аналогічний результат для твердості печива з амарантового борошна. Вони показали, що сила, необхідна для руйнування печива, значно зменшилася при додаванні до печива амарантового борошна.

Результати сенсорного оцінювання композитного печива з пшениці та амаранту представлені в табл. 5.

Таблиця 5. Органолептичні характеристики печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна

Зразок	Колір і зовнішній вигляд	Аромат	Смак	Текстура	Загальне враження
Контроль	7,00±1,07	8,00±1,42	7,66±1,07	7,00±1,25	7,66±0,36
A1	7,66±0,57	8,33±1,06	8,00±0,48	7,33±1,54	7,33±0,52
A2	8,00±1,28	8,00±1,14	8,00±0,56	7,66±0,63	7,66±1,29
A3	8,00±1,18	8,00±2,03	8,33±0,43	8,00±0,84	8,00±1,46
A4	7,66±1,23	7,53±1,71	7,00±1,23	7,66±1,06	6,00±0,68
A5	7,66±0,84	7,50±0,69	6,00±1,67	7,66±0,67	6,00±0,83

Згідно з представленими результатами, було відзначено значне зниження смакових якостей і загальної прийнятності комбінованого печива з пшениці та амаранту. Не спостерігалось значних змін кольору, аромату й текстури печива, приготовленого із суміші, що містить до 100% амарантового борошна. Щодо смакових якостей, було відзначено значне збільшення середніх балів при додаванні до 60% амарантового борошна до складового печива. Сенсорна оцінка смаку знизилася після додавання 60% амарантового борошна. Це може бути пов'язано з гірким післясмаком амарантового борошна. Загальна оцінка прийнятності по-

казала, що печиво, приготоване із вмістом до 60% амарантового борошна, мало найбільш прийнятні сенсорні властивості. Слід зазначити, що отримані результати не збігаються з результатами, отриманими в (Sindhuja та ін, 2005), де було показано, що печиво, яке містить 25% борошна з насіння амаранту, було визнано експертами найбільш прийнятним.

Профілограма органолептичних характеристик печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна наведена на рис. 3.

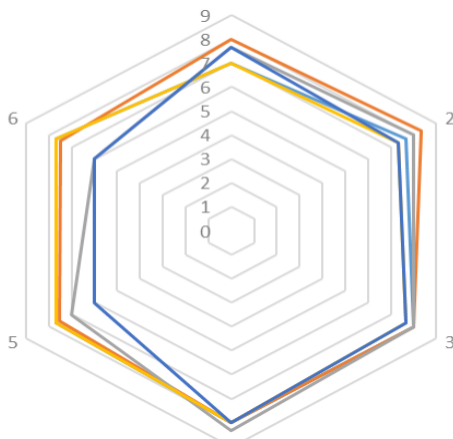


Рис. 3. Профілограма органолептичних характеристик печива з різним вмістом пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту змієголовника молдавського: — колір і зовнішній вигляд; — аромат; — смак; — текстура — загальне враження

Проведені експериментальні дослідження дали змогу розробити технологічну й апаратурно-технологічну схеми виробництва печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту змієголовника молдавського.

Висновки

1. Визначено раціональні параметри екстрагування біологічно активних речовин зі змієголовника молдавського: температура — 160 °С; тривалість екстрагування — 25 хв; гідромодуль — 1:25; розмір фракції — 1,0±0,5 мм; тиск — 6 МПа. При таких параметрах процесу забезпечується вихід цільового продукту на рівні 26±0,5 мг сухого змієголовника молдавського.

2. Встановлено, що параметри в'язкості знижувалися зі збільшенням додавання борошна амарантового в рецептуру; змішування амарантового та пшеничного борошна значно знижує параметри в'язкості.

3. Фізичні властивості розробленого печива, продемонстрували зменшення втрат при випіканні, збільшення діаметра, більший коефіцієнт поширення та меншу твердість, що призвело до більш м'яких смакових характеристик, які вимагаються від печива. Було виявлено, що діаметр та коефіцієнт розподілу були вищими у печива з амарантового борошна 52,2 мм та 6,46 відповідно, порівняно з іншими сумішами (20—80%) печива з 51,37 до 51,92 мм та від 6,13 до 6,36 відповідно. Вимірювання текстури показало, що твердість розробленого печива

знизилися при додаванні борошна амаранту зі 145 Н (контрольний зразок) до 72,4 Н. Використання амарантового борошна значно вплинуло на колірні характеристики печива.

Доведено, що використання амарантового борошна та екстракту змієголовника молдавського в технології печива є ефективним з точки зору його технологічних показників і харчових властивостей.

Запропонована технологія печива із суміші пшеничного та амарантового борошна з додаванням екстракту з трави змієголовника молдавського дає змогу виробляти печиво підвищеної харчової цінності завдяки використанню амарантового борошна, яке є хорошим джерелом білка, клітковини та жиру порівняно з пшеничним борошном, та екстракту змієголовника молдавського, який є джерелом біологічно активних речовин і покращує органолептичні властивості продукту.

Література

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 106—113.

Artz, W. E., Warren, C. C., Mohring, A. E., & Villota, R. (1990). Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. *Cereal Chemistry*, 67, 303—305.

Бабіч, О. В. (2006). Розроблення технології безглютенового печива для хворих на целиакію, дис. канд. наук, НУХТ, Київ.

Ballabio, C., Uberti, F., Di Lorenzo, C., Brandolini, A., Penas, E., & Restani, P. (2011). Biochemical and immunochemical characterization of different varieties of amaranth (*Amaranthus L. ssp.*) as a safe ingredient for gluten-free products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 12969—12974.

Chevallier, S., Colonna, P., & Della Valle, G. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31, 241—252.

Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57, 260—266.

Дорохович, А. Н., Лазоренко, Н. П., Гутник, С. В. (2010). Технология безглютеновых маффинов для лечебного и профилактического питания: VIII Межд. научно-техническая конф. Техника и технология пищевых производств, Могилев.

Finney, D. F., Morris, V. H., & Yamazaki, W. T. (1950). Macro vs. micro cookie baking procedures for evaluating the cookie quality of wheat varieties. *Cereal Chemistry*, 27, 42—46.

Фролова, Н. Е. Мацко, І. М., Усатюк, С. І. (2006). Дослідження пряно-ароматичної сировини як джерела ароматичних речовин в технології натуральних ароматизаторів. *Наукові праці НУХТ*, 18, 42—45.

Gray, J. A., Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1—21.

Gupta, M., Bawa, A. S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of barley flour and freeze thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food Bioproducts Processing*, 89, 520—527.

Hasmadi, M., Siti Faridah, A., Salwa, I., Matanjun, P., Abdul Hamid, M., & Rameli, A. S. (2014). The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. *Journal of Applied Physics*, 26, 1057—1062.

Hoojjat, P., & Zabik, M. E. (1984). Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy bean-sesame seed flour blends. *Cereal Chemistry*, 61, 41—44.

Hugo, L. F., Rooney, L. W., & Taylor, J. R. N. (2000). Malted sorghum as a functional ingredient in composite bread. *Cereal Chemistry*, 77, 428—432.

Kannika Kunyanee, Naphatrapi Luangsaku. (2022). The impact of heat moisture treatment on the physicochemical properties and in vitro glycemic index of rice flour with different amylose contents

and associated effects on rice dumpling quality. *LWT-Food Science and Technology*, 154 (15), 112694.

L. Laguna, P. Varela, A. Salvador, T. Sanz, S. M. Fiszman (2011). Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits. *Journal of Texture Studies*, 43, 235—245.

Лазоренко, Н. П. (2011) Вдосконалення технології маффінів спеціального призначення, дис. канд. наук, НУХТ, Київ, 65—71 с.

van Riemsdijk L. E., van der Goot A. J. (2011) Colloidal Protein Particles Can Be Used to Develop a Gluten-free Bread. *Cereal Foods World*, 56 (5), 201—204.

Martí, A., Barbiroli, A., Marengo, M. (2014). Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins. *European Food Research and Technology*, 238, 217—224.

Миколенко, С. Ю., Захаренко, А. А. (2020) Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*, 1 (19), 228—240.

Mishra, V., Puranik, V., Akhtar, N., & Rai, G. K. (2012). Development and compositional analysis of protein rich soybean-maize flour blended cookies. *Journal of Food Processing and Technology*, 3(9), 1—5.

Фролова Н. Э., Сылка И. Н., Науменко К. А. и др. (2010). Новые возможности в переработке эфиромасличного сырья для пищевых технологий. *Научные труды Русенского университета «Ангел Кинчев». Битехнологии и пищевые технологии*, 49, 36—40.

Sharma, P., Gujral, H. S. (2014). Cookie making behavior of wheat barley flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT — Food Science and Technology*, 55, 301—307.

Sindhuja, A., Sudha, M. L., Rahim, A. (2005). Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. *European Food Research Technology*, 221, 597—601.

Singh, J., Singh, N., Sharma, T. R., Saxena, S. K. (2003). Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. *Food Chemistry*, 83, 387—393.

Шейченко, О. П., Шейченко, В. И., Горяинов, С. В., Звездина, Е. В., Курманова, Е. Н., Ферубко, Е. В., Уютова, Е. В., Потанина, О. Г., Фади Хажжар. (2021). Химический состав и биологическая активность сухого экстракта «фрозматин» из травы змееголовника молдавского. *Химия растительного сырья*, 3, 253—264.

Сукманов, В. О., Українець, А. І., Зав'ялов, В. Л., Маринін, А. І., Соловей, Л. В. (2019). *Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вищавок*. Київ, НУХТ.

Wang, X., Choi, S., Kerr W. C. (2004). Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 37, 377—384.

Zucco, F., Borsuk, Y., Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44 2070—2076.

CRYOGENOUS DAMAGE OF PLANT STRUCTURES DURING FREEZING: THEORETICAL ASPECTS

G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

*Plant raw materials
Crystallization
Freezing
Cryogenous damages
Qualitative indices
Cryoprotectors*

Article history:

Received 15.09.2022
Received in revised form
29.09.2022
Accepted 19.10.2022

Corresponding author:

G.Simakhina
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Fruits, berries and vegetables occupy the special position in provision of Ukrainians with foodstuffs for well-being. However, these products are of seasonal nature and low stability during storage, thereafter it is necessary to design and develop the technologies of its preservation, primarily with the usage of artificial cold in all modification and application variants. The global perennial scientific and practical experience showed that the low-temperature preservation would be unique to retain the nutritional and biological values of plant raw materials and products obtained from it. The disadvantages of traditional freezing technologies are that the fruit and berry structural specifications made them insufficiently steady to harmful impacts of ice crystals while freezing; thenceforth, the quality decrease in such products after defrosting is far more apparent than in vegetables. The same fact concerns the losses of natural color, flavor and taste by fruits and vegetables frozen with traditional technologies, which would significantly affect the consumers' choice.

The experience of foreign and Ukrainian scientists unambiguously shows that the quick freezing of raw materials, low-temperature storage of obtained half products and improved defrosting techniques are the most perspective trend to overcome all the problems mentioned.

Such attention to quick freezing of plant materials is defined by the specifications of water crystallization in them, regarding the different velocity of a certain period of the process. Nowadays, classical is the revealed regularity between the velocity of biological objects freezing and the grade of their tissue ruining. Alongside, the practical experience evidences that only quick or even shock freezing would not be enough to obtain the high-quality fruit and berry products which are planned to be maximally identical to their fresh analogues by all indices.

КРІОУШКОДЖЕННЯ РОСЛИННИХ СТРУКТУР ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ І МЕТОДИ КРІОПРОТЕКЦІЇ: ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ

Г. О. Сімахіна

Національний університет харчових технологій

У забезпеченні населення країни продукцією для здорового харчування плоди, ягоди та овочі посідають особливе місце. Однак це продукція сезонного характеру і низької стійкості при зберіганні, тому необхідно розробляти та вдосконалювати технології її консервування, передусім з використанням штучного холоду в усіх його модифікаціях та варіантах застосування. Багаторічний світовий науковий і практичний досвід показав, що низькотемпературне консервування є унікальним способом зберегти при переробленні харчову та біологічну цінність рослинної сировини і продукції на її основі. Недоліки традиційних технологій заморожування в тому, що особливості структурних характеристик плодів та ягід робить їх недостатньо стійкими до ушкоджуючої дії утворених кристалів льоду, тому й зниження якості такої продукції після дефростації виражено набагато істотніше, ніж для овочів. Це ж стосується втрати замороженими за існуючими технологіями плодами й овочами натурального кольору, аромату, смаку, а саме таким характеристикам приділяють найбільшу увагу споживачі.

Досвід зарубіжних і вітчизняних науковців та практиків однозначно показує, що найбільш перспективним шляхом подолання всіх зазначених проблем є швидке заморожування сировини, низькотемпературне зберігання отриманих напівфабрикатів та досконалі способи дефростації.

Така увага саме до швидкого заморожування матеріалів визначається особливостями кристалізації води в них при різних швидкостях процесу. І на сьогодні уже класичною стала виявлена закономірність між швидкістю заморожування біоб'єктів та ступенем руйнування їх тканинних структур. Водночас практичний досвід показує, що одного лише швидкого або навіть шокового заморожування матеріалів недостатньо для отримання високоякісної плодово-ягідної продукції, яка після дефростації була б максимально ідентичною за всіма показниками свіжій сировині.

Ключові слова: *рослинна сировина, кристалізація, заморожування, кріоушкодження, якісні показники, кріопротектори.*

Постановка проблеми. Штучний холод у харчовій промисловості надає можливість (Мостовой, & Шубина, 2008; Орлова, & Белінська, 2005; Сало, & Попова, 2019) отримувати стандартизовані продукти, стабільні за якісними та органолептичними показниками впродовж тривалого терміну зберігання; зменшувати втрати робочої сили, оскільки відпадає необхідність мити, перебирати, сортувати плоди та ягоди перед кулінарним обробленням, і скоротити виробничі площі; зменшити тривалість кулінарного оброблення, тому що під впливом низьких температур при заморожуванні сировини відбувається деяке розм'якшення струк-

турних елементів рослинних клітин і деструкція високополімерів; тривалий час зберігати заморожені матеріали без використання штучних консервантів та антиокислювачів, шкідливих для здоров'я людини; істотно зменшити втрати вітаміну С та інших нутрієнтів при кулінарному обробленні дефростованих плодів та ягід, оскільки його тривалість зменшується в кілька разів.

Удосконалення техніки і технологій заморожування сільськогосподарської сировини — надзвичайно актуальне завдання харчової і переробної промисловостей. Саме під впливом штучного холоду пригнічується або сповільнюється життєдіяльність мікроорганізмів, знижується швидкість негативних хімічних і біохімічних процесів, кисню повітря, світла, інших чинників (Stringer, & Dennis, 1992). Все це запобігає псуванню продуктів, зберіганню їх органолептичних показників, сприяє диверсифікації рослинної замороженої продукції, розширенню її ринку, впровадженню інновацій у технології консервування з використанням штучного холоду.

Ефективність заморожування підтверджено численними експертними дослідженнями, хіміко-технологічною оцінкою заморожених і дефростованих напівфабрикатів, їх належними споживчими характеристиками і постійно зростаючим попитом у споживачів (Одарченко, Кудряшов, & Сюсель, 2012; Плахотний, & Дорошук, 2001; Сімахіна, & Халапсіна, 2015). Особливу увагу слід приділити інтенсифікації процесів холодильного оброблення сировини, нестійкої при зберіганні, з високим вмістом вологи, можливістю розвитку мікробіологічного забруднення, що загалом призводить до зниження харчової і біологічної цінності матеріалів та отриманих з них продуктів. Сказане стосується передусім плодів і ягід (вміст вологи в яких досягає 90%), найбільш перспективним способом перероблення яких є швидке заморожування.

Така увага саме до швидкого заморожування матеріалів визначається особливостями кристалізації води в них при різних швидкостях процесу. І на сьогодні уже класичною стала виявлена закономірність між швидкістю заморожування біооб'єктів і ступенем руйнування їх тканинних структур (Мейс Дж., 1987; Чу-мак, Чепуренко та ін., 2006). Ця закономірність полягає в тому, що швидке заморожування сприяє утворенню дрібних (в середньому $11 \times 25 \times 30$ мкм), рівномірно розподілених у міжклітинному просторі кристалів льоду (Мейс Дж., 1987). Гістологічний аналіз швидкозаморожених рослинних тканин показує, що зміни її структури загалом зводяться до певного ступеня деформації клітин без порушення їх загальної цілісності. Саме тому при дефростації заморожених матеріалів втрати клітинного соку незначні.

Проте сучасні дослідження показують, що швидке або навіть шокове заморожування матеріалів не забезпечує отримання високоякісної плодово-ягідної продукції, яка після дефростації була б максимально ідентичною за всіма показниками свіжій сировині. Тому необхідні передусім теоретичні дослідження з вивчення тих структурних змін, яких зазнають клітини рослин при заморожуванні, зберіганні та дефростації, щонадась можливість розробити ефективні методи кріопротекції.

Аналізостанніхдосліджень і публікацій. Для пояснення зазначених явищ зарубіжні та вітчизняні фахівці в галузі кріоконсервування клітинних суспензій тканин та органів (Б. Люйс, Дж. Шерман, Т. Ней, А. Сміт, Дж. Левітт, П. Мейзур,

Л. Лозина-Лозинський, А. Білоус, М. Пушкар, Є. Гордієнко, В. Грищенко) ввели поняття кріоушкодження клітин і клітинних структур.

У праці (Білоус, & Грищенко, 1994) наведено таке визначення: «Під кріоушкодженням слід розуміти структурно-функціональні зміни при зниженні температури нижче рівня, до якого адаптований біологічний об'єкт, тобто процеси, котрі відбуваються в клітинах або тканинах в циклі їх низькотемпературного консервування».

Згідно з цим визначенням, на біооб'єкти в процесі заморожування негативний вплив справляють кристали льоду, надмірна дегідратація, гіперконцентрування солей, зміни рН тощо (Minetti, Seccarini, & DiStasi, 1984). Вивчення ролі кожного із цих чинників у кріоушкодженні клітин і тканин привело до появи численних концепцій та гіпотез, які по-різному трактують механізм дії того чи іншого ушкоджуючого чинника та його роль у руйнуванні структур біооб'єкта при заморожуванні-відігріванні. В ушкодженні клітин, викликаних кристалізацією, на перших етапах досліджень основну увагу приділяють позаклітинному льоду. Однак суперечливість результатів та висновків щодо його ролі залишається нез'ясованою і досі (Nei, 1985; Белоус, Бондаренко, & Гулевский, 1987). Подальші дослідження показали, що кристали льоду можуть утворювались не лише в міжклітинному просторі, а й у середині клітин (Stiles, 1988; Dubbelman, de Bruijne, & van Steveninck, 1989).

За дослідженнями П. Мейзура, внутрішньоклітинна кристалізація відбувається, коли клітина переохолоджена до температури, за якої у протоплазмі виникають осередки кристалів критичного розміру і міститься вільна вода (Mazur, 1977). К. Діллер не лише підтверджує ці результати, а й уточнює, що виникненню кристалів всередині клітин можна запобігти, коли внутрішньоклітинний розчин при заморожуванні знаходиться в стані малих переохолоджень. А це досягається лише повільним зниженням температури. І якщо ймовірність внутрішньоклітинної кристалізації дорівнює нулю при повільному заморожуванні, то вона досягає одиниці (максимуму) — при швидкому (Diller, 1987).

Цей висновок дає цілком об'єктивне пояснення тому фактові, що швидке і шокове заморожування, створюючи умови для утворення дрібнокристалічного льоду при заморожуванні плодової сировини, все ж допускає наявність кріоушкоджень мікроструктур біологічних об'єктів. Це відбувається за рахунок того, що при швидкому заморожуванні клітина не встигає зневоднитись і відбувається кристалізація внутрішньоклітинного розчину.

Мета статті: на основі аналізу наукових праць вітчизняних і зарубіжних кріобіологів з'ясувати теоретичні аспекти процесів кріоушкодження рослинних клітин при заморожуванні для розроблення ефективних методів захисту матеріалів від руйнування.

Викладення основних результатів дослідження. З наведеного огляду літературних джерел зрозуміло, що для всіх біологічних об'єктів, у тому числі і для плодово-ягідної сировини, існує одна закономірність — при охолодженні до 0 °C і нижче під впливом від'ємних температур клітини можуть руйнуватись. У цьому явищі варто розрізняти як ушкодження, пов'язані з комплексом процесів у мембрані і клітині при розвитку температурного шоку (Дегтярев, 1988), так і руйнування клітин, пов'язані з дією від'ємних температур. В останньому випадку це

відбувається, коли кристалізується поза- і внутрішньоклітинний розчин, а клітини руйнуються утвореними кристалами.

Для нас важливим є саме цей випадок, оскільки (як зазначено вище) в зруйнованих клітинах інтенсивно діють пероксидази, а найголовніше полягає в тому, що заморожені продукти перед вживанням або подальшим переробленням піддаються розморожуванню (дефростації). І якщо заморожені продукти міститимуть багато зруйнованих клітин, то при дефростації втрачається клітинний сік, якість продукту погіршується, біологічна цінність різко падає. І навіть із найбільш якісної сировини неможливо отримати ідентичні продукти.

Провідні вітчизняні кріобіологи Є. Гордієнко та інші називають виникнення і ріст внутрішньоклітинних кристалів летальними чинниками для клітин. І вони радять на практиці здійснювати різні багатоетапні програми заморожування, які спрямовані на поступове зневоднення клітин і зниження таким чином ушкоджуючої дії фізико-хімічних чинників на біооб'єкти. Автори при консервуванні матеріалів змогли загальмувати розвиток утворення кристалів всередині клітин, заморожуючи біооб'єкти під захистом різних сполук, названих кріопротекторами, які сприяють модифікації структури рідкої фази і характеру її кристалоутворення (Гордієнко, Осецький, & Розанов, 1997).

Саме цей спосіб ми використали для вдосконалення технології заморожування плодово-ягідної сировини, оскільки незалежно від механізму руйнування клітин їхньої цілісності можна досягти за допомогою кріопротекторів (Мегупан, 1990; Юрченко, Козлова, & Рєпин, 1989). І у цьому новизна розробленого способу (Сімахіна, & Камінська, 2020).

На жаль, такий підхід до технологій заморожування досі не знайшов розповсюдження у вітчизняних харчових технологіях та й за кордоном. Лише роботи одеських науковців (Доценко, Кротов, & Бровченко, 1997) орієнтовані на розроблення методів кріозахисту. Вдосконалення окремих етапів низькотемпературних технологій рослинної сировини спостерігається в дослідженнях О. Прісс та В. Жукової (2015), Р. Павлюк та В. Погарської (2013), Б. Лі та Д. Сунь (2002), присвячених поєднанню холоду з іншими фізичними і технологічними чинниками — штучними та природними антиоксидантами, частковим осмотичним зневодненням (Мейс, 1987) тощо.

Ще одне дослідження спрямоване на вивчення впливу часткового зневоднення й оброблення ягід суниці, малини, аргусу, смородини, чорниці перед заморожуванням 0,5% розчином натрійкарбоксиметилцелюлози (Одарченко, 2012). Встановлено, що таким шляхом досягається позитивний вплив на анатомічну структуру ягід, а отже, зменшення деформації тканин.

Методи кріопротекції виявилися ефективними і для захисту дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* (Кирилюк, 2008): як кріопротектори обрано диметилсульфоксиді гліцерил. Підвищення життєдіяльності дріжджових клітин встановлено їх озонуванням до та після кріоконсервування (Буряк, 2008).

Фахівці інституту проблем кріобіології та кріомедицини (Харків) з'ясували, що при заморожуванні еритроцитів, попередньо оброблених кріопротекторами, забезпечується висока стабільність еритроцитів у процесах заморожування-відтаювання і зберігаються їх осмотичні, антиоксидантні та морфологічні властиво-

сті. Це виявилось особливо ефективним при використанні комбінації кріопротекторів — проникаючих і непроникаючих (Сімахіна, & Халапсіна, 2017).

У праці (Белоус, & Грищенко, 1994) дано таке визначення: «Кріопротектори називають сполуки, які здатні запобігати розвитку ушкоджень біологічних об'єктів при їх заморожуванні і подальшому відігріванні». Загальними властивостями кріопротекторів дослідники вважають наявність у їхній структурі полярних молекул, здатних взаємодіяти як із молекулами води, металами, солями, так і з компонентами мембран і біополімерами; їхню здатність впливати на процеси кристалізації, сприяючи формуванню дрібнокристалічного льоду, якому не властиві сильні поля напруги (Терновий, & Гассанов, 1998).

Зміна структури льоду під дією кріопротекторів знижує ступінь механічного впливу на цитоплазматичні структури мембрани. У присутності кріопротектора виморожування вільної фракції води з кріозахисного середовища відбувається в широкій температурній зоні й завершується при концентрації невимерзлої води до 20...30% (Boutron, & Kaufman, 1989). Отже, у присутності кріопротекторів солі або зовсім не концентруються до ушкоджуючих меж, або ж ці межі досягаються в зоні температур, при яких ушкодження розвиваються повільно.

За літературними даними найбільш дослідженими є такі кріопротектори (Юрченко, & Козлова, 1989; Boutron, & Kaufman, 1989; Пушкар, Шраго, & Белоус, 1999): етанол, гліцерин, сорбіт, глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, диметилсульфоксид (ДМСО), гліцин, лимонна кислота, декстрин, гідроксиетилкрахмаль (ГЕК), желатин, хлористий магній, сульфат натрію, цитрати натрію і калію. Також ефективним є використання комбінації кріопротекторів із числа перерахованих.

Таким чином, досліджені кріопротектори охоплюють основні класи органічних і мінеральних сполук, кріозахисну дію яких при заморожуванні клітин і тканин було досліджено відомими зарубіжними і вітчизняними вченими, починаючи з 50-х років минулого століття (A. Carrow, J. Lovelock, J. Dobbler, J. Rostan, K. Polge, Au. Smith, D. Bishop, D. Robson, M. Whither, M. Максимов, А. Бернштейн, А. Білоус, В. Грищенко, М. Пушкар).

Дж. Лавлоку 1954 р. запропонував класифікувати відомі на той час кріопротектори на непроникаючі (екзоцелюлярні), проникаючі (ендоцелюлярні) та змішаного типу. Непроникаючі протектори діють ззовні клітин, утворюючи навколо плазматичної мембрани своєрідну оболонку і сприяючи, таким чином, формуванню дрібнокристалічного льоду. Проникаючі кріопротектори викликають зв'язування частини поза- і внутрішньоклітинної фракцій вільної води, внаслідок чого її кристалізація сповільнюється, а концентрація електролітів поза і всередині клітини знижується. У зв'язку з цим проникаючі кріопротектори називають пасиваторами процесу ініціювання кристалоутворення.

До проникаючих кріопротекторів відносять гліцерин, диметилсульфоксид, представників одно- та багатоатомних спиртів, глюкозу. До непроникаючих — аміди кислот, високомолекулярні сахариди, білки, полімерні сполуки. І як уже зазначали, загальною властивістю і проникаючих, і непроникаючих кріопротекторів є їхня здатність сприяти утворенню дрібнокристалічного льоду і запобігати можливості внутрішньоклітинної кристалізації води.

Разом з тим, і досі механізм захисної дії кріопротекторів вивчено недостатньо. Інформація про те, що і як має змінюватись в клітинах біооб'єктів, постійно поповнюється новими даними, в основному в галузях кріобіології та кріомедицини (Мейс, 1987; Meryman, 1990; Leibo, Farrant, & Smith, 1999). Ці роботи показали, що захисні сполуки використовують у складі кріозахисних середовищ — водних розчинів кріопротекторів (Пушкар, Шраго, & Белоус, 1999), а вибір кріопротектора здійснюється індивідуально для кожної клітинної фракції, оскільки універсальних принципів підбору або синтезу кріопротектора із заданими властивостями досі не існує (Белоус, & Грищенко, 1994).

Як бачимо, основний внесок у вивчення механізмів кріоушкоджень клітин біологічних об'єктів, як і раніше, здійснюють фахівці в галузі кріобіології та кріомедицини.

Та оскільки структура клітин природних біологічних об'єктів у медицині та сільськогосподарській сировині схожа і кристалізація води в них має спільні закономірності, зрозумілою є обґрунтованість і доцільність використання набутого вченими-кріобіологами досвіду в харчових технологіях. І оскільки таких спроб поки що дуже мало, то кожна робота в цьому напрямі сприятиме розвитку та застосуванню нових ефективних методів заморожування, основним призначенням яких є збереження у цільовому продукті максимальної кількості біокомпонентів рослинної сировини.

Висновки

Світовий досвід показує, що використання штучного холоду викликає мінімальні зміни харчової та біологічної цінності сировини і отриманих з неї готових продуктів, їх якості та органолептичних показників. Разом з тим, за економічністю та особливо питомими витратами енергії спосіб консервування харчових матеріалів заморожуванням має значні переваги перед методами теплового оброблення — пастеризацією, стерилізацією, сушінням тощо. Тому консервування сільськогосподарської сировини заморожуванням на думку фахівців і за даними ЮНЕСКО у міжнародному прогнозі «Їжа. Третє тисячоліття» визнано пріоритетним. Його рекомендовано до широкого впровадження у різних галузях харчової промисловості.

Сучасні методи вдосконалення технологій консервування рослинної сировини ґрунтуються на розробленні та впровадженні швидкого заморожування, яке визначається просуванням фронту заморожування від поверхні продукту до його центру — і становить від 1 до 10 м/с при температурі повітря $-30...-37^{\circ}\text{C}$, а при шоківому заморожуванні $-35...-45^{\circ}\text{C}$.

Аналіз результатів досліджень, виконаних фахівцями з кріобіології та кріомедицини дав змогу виявити основний, дуже істотний недолік швидкого заморожування біооб'єктів: при цьому способі створюються умови для утворення і росту внутрішньоклітинних кристалів льоду, які є летальними для клітин, оскільки викликають їх значні кріоушкодження.

При дефростації швидкозаморожених плодів і ягід із зруйнованих клітин виходить і втрачається до 80% соку із розчиненими в ньому БАР. Тому, незважаючи на інноваційність швидкого заморожування матеріалів, цей спосіб не надає мо-

жливості отримати продукцію високої якості, максимально наближеної до біокомпонентного складу сировини та з належними органолептичними показниками.

Роботи з кріобіології та кріомедицини, виконані протягом останніх 30 років, переконливо свідчать про те, що розвиток внутрішньоклітинного кристалоутворення, а отже, і значні кріоушкодження, майже повністю гальмуються за рахунок попереднього оброблення біооб'єктів водними розчинами спеціальних сполук — кріопротекторів, які сприяють модифікації структури рідкої фази характеру її кристалоутворення в бажаному руслі, запобігають кріоушкодженню клітин.

Саме такий напрям удосконалення технології заморожування плодів і ягід обрано в цьому дослідженні — сировина піддається швидкому або шоківому заморожуванню під захистом спеціально підібраних кріопротекторів. Для цього необхідно дослідити різні кріопротектори органічної та мінеральної природи, розробити їх рейтингову шкалу за ефектом кріозахисту матеріалів при заморожуванні; встановити оптимальні умови оброблення плодів та ягід і оцінити попередньо досягнуті ефекти на етапах заморожування, зберігання та дефростації.

Для виробників плодово-ягідної замороженої продукції з використанням методів кріопротекції відкриваються широкі перспективи наповнення вітчизняного ринку та створення експортоорієнтованих продуктів підвищеної біологічної цінності. Позитивна динаміка розвитку такого ринку забезпечується об'єктивними чинниками, основними з яких є висока якість отримуваної продукції, її відповідність світовому тренду натуралізації харчових продуктів і забезпечення населення України здоровим харчуванням.

Література

- Белоус А. М., Бондаренко В. А., & Гулевский А. К. (1987). Молекулярно-клеточная концепция криоповреждения клетки: роль трансмембранных дефектов. *Криобиология*, 2, 3—10.
- Белоус А. М., & Грищенко В. И. (1994). *Криобиология*. Киев: Наукова думка.
- Бурак І. А. (2008). Застосування озону для підвищення ефективності кріоконсервування еритроцитів людини та дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*: автореф. дис. канд. біол. наук. Харків.
- Гордиенко Е. А., Осецкий А. И. & Розанов Л. Ф. (1997). Научное обоснование способов низкотемпературного консервирования клеточных суспензий. *Проблемы криобиологии*, 1—2, 67—71.
- Дегтярев А. В. (1988). Механохимическая модель холодового шока эритроцитов. *Криоповреждение и криозащита биологических объектов: Сб. науч. тр.* Киев: Наукова думка, 72—80.
- Доценко Н., Кротов Є., & Бровченко А. (1997). Кріозахист айви при заморожуванні. *Харчова і переробна промисловість*, 12, 24—25.
- Кирилюк Г. Л. (2008). Вплив кріопротекторів і режимів заморожування на механічне пошкодження клітин в області субевтектичних температур: автореф. дис. канд. біол. наук. Харків.
- Мейс Дж. (1987). Досягнення у кріогенному охолодженні і заморожуванні харчових продуктів. *Food Science and Technology Today*, 2, 79—83.
- Мостовой Ю., Шубина Г. (2008). Рынок плодовоовощной заморозки — взгляд специалистов. *Продукты и ингредиенты*, 10, 64—68.
- Одарченко А. М. (2012). Зміни анатомічної будови заморожених ягід при операціях попередньої підготовки. *Товари і ринки*, 1(13), 117—122.
- Одарченко Д. М., Кудряшов А. І., Штих С. В., & Сюсель О. О. (2012). Дослідження функціонально-технологічних властивостей заморожених напівфабрикатів на основі дикорослих ягід. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 42 (2), 17—20.

- Орлова Н. Я., Белінська С. О. (2005). Заморожені плодовоовочеві продукти: проблеми формування асортименту: монографія. Київ: КНТЕУ.
- Павлюк Р. Ю., Погарська В. В. та ін. (2013). Нове в технології отримання заморожених ягід та пюре з рекордними характеристиками. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1, 3—9.
- Плахотний В., Дорошук В. (2001). Консервування: охолодження і глибоке заморожування. *Харчова і переробна промисловість*, 5, 23—26.
- Прісс О. П., & Жукова В. Ф. (2015). Збереженість томатів і перцю за обробки екстрактами кореня хрону. *Харчова наука і технологія*, 2 (31), 68—74.
- Пушкарь Н. С., Шраго М. И., Белоус А. М. (1999). *Криопротекторы*. Киев: Наукова думка.
- Сало І. А., Попова О. П. (2019). Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. *Садівництво. Міжзвідомчий тематичний науковий збірник*, 74, 160—170.
- Сімахіна Г. О., Камінська С. В. (2020). Стан і перспективи розвитку вітчизняного ринку заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*, 26 (3), 234—242.
- Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. (2015). Зміни біохімічних показників дикорослих ягід при заморожуванні. *Наукові праці НУХТ*, 21(5), 225—231.
- Сімахіна Г. О., Халапсіна С. В. (2017). Ефективність використання криопротекторів при заморожуванні дикорослих і культивованих ягід. *Наукові праці НУХТ*, 23(3), 179—185.
- Терновий К., & Гассанов Л. (1998). Низкие температуры в медицине. Киев: Наукова думка.
- Чумак І. Г., Чепуренко В. П., Лар'яновський С. Ю. та ін. (2006). *Холодильні установки*: підручник. Одеса: Рефпринтінфо.
- Юрченко Т. Н., Козлова В. Ф., Скорняков Б. А., Строна В. И., & Репин Н. В. (1989). *Влияние криопротекторов на биологические системы*. Киев: Наукова думка.
- Boutron, P., & Kaufmann, A. (1989). Stability of the amorphous state in the system water-glycerol-ethylen glycol. *Cryobiology*, 1, 83—89.
- Diller, K. R. (1987). Intracellular freezing: effect of extracellular supercooling. *Cryobiology*, 4, 69—81.
- Dubbelman, T. M., de Bruijne, A. W., Christiansen, K., van Steveninck, J. (1989). Hypertonic cryohemolysis of human red blood cells. *J. Membrane Biol.*, 3—4, 225—241.
- Leibo, S. P., Farrant, J., Mazur, P., Hanna M. G. Jr., Smith, L. H. (1999). Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interactions of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose, or glycerol. *Cryobiology*, 4, 315—332.
- Li, B., Sun, D. W. (2002). Novel methods for rapid freezing and thawing of foods — a review. *Journal of Food Engineering*, 54, 175—182.
- Mazur, P. (1977). The role of intracellular freezing in the death of cells cooled at supraoptimal rates. *Cryobiology*, 14, 251—272.
- Meryman, H. T. (1990). Modified model for the mechanism of freezing injury in erythrocytes. London: Nature, 2, 333—345.
- Minetti, M., Ceccarini, M., Maria, A., Di Stasi, M. (1984). Role of membrane thermotropic properties on hypotonic hemolysis and hypertonic cryohemolysis of human red blood cells. *J. Cells. Biochem.*, 25, 61—72.
- Nei, T. (1985). Freezing injury to erythrocytes. II. Morphological alterations of cell membranes. *Cryobiology*, 1, 287—294.
- Stiles, W. (1988). On the cold death on plants. *Protoplasma*, 9, 459—468.
- Stringer, M., Dennis, C. (1992). *Chilled Foods: A Comprehensive Guide*. Chichester: Ellis Horwood Ltd.

MUSHROOM POWDERS FOR MEAT PRODUCTS MANUFACTURING

L. Avdeieiva^{1,2}, T. Turchyna¹, A. Makarenko¹, H. Dekusha¹

¹*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

²*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Keywords:

*Mushrooms
Drying
Meat semi-finished
products
Sausage products
Nutritional value
Flavor enhancer*

Article history:

Received 19.09.2022
Received in revised form
30.09.2022
Accepted 11.10.2022

Corresponding author:

L. Avdeieiva
E-mail:
tbds_itf@ukr.net

ABSTRACT

Every year the volumes of production and consumption of cultivated edible mushrooms grow significantly all over the world. The increasing consumption is explained by the fairly high content of edible mushrooms in such substances as protein in terms of dry matter, dietary fiber, minerals, a large group of vitamins, and antioxidants, as well as a high-quality nutritional composition in general. This composition makes them ideal ingredients for use in food products in order to reduce the calorie content and enrich the composition of finished products. This trend corresponds to the growing consumers demand for healthy food products, especially of plant origin. Traditionally the largest part of the total volume of cultivation is occupied by champignons and oyster mushrooms in Ukraine, but the share of cultivated edible basidial mushrooms, such as shiitake, is gradually increasing. The high nutraceutical and therapeutic potential of these mushrooms was proved. The interest of specialists in the edible shiitake mushrooms used in the production of meat products has increased recently. These mushrooms are used in the form of dry powders, extracts, and pastes with a fairly long shelf life. A review of the literature showed that the inclusion of dry shiitake mushroom powder in the recipe of sausage products and meat semi-finished products leads to a significant improvement of the nutritional and biological value of the finished product, the protein composition, and allows obtaining the good structural-mechanical characteristics and organoleptic indicators.

The proposed shiitake mushroom powder is characterized by the necessary taste properties, has high nutritional and biological value, and the presence of a large number of biologically and physiologically active substances, as well as long shelf life. This makes it possible to recommend it as a promising raw material for the production of a number of meat products.

ГРИБНІ ПОРОШКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСОПРОДУКТІВ

Л. Ю. Авдєєва^{1,2}, Т. Я. Турчина¹, А. А. Макаренко¹, Г. В. Декуша¹

¹Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Збільшення обсягів споживання культивованих їстівних грибів в усьому світі можна пояснити якісним поживним складом, досить високим вмістом білка в перерахунку на суху речовину, харчових волокон, мінеральних речовини, великої групи вітамінів, а також антиоксидантів. Такий склад робить їх ідеальними інгредієнтами для використання в продуктах харчування з метою зниження калорійності і збагачення складу готових виробів. Ця тенденція відповідає зростаючому попиту споживачів на продукти здорового харчування, особливо рослинного походження. В Україні, традиційно, найбільшу частку загального обсягу вирощування займають печериці та гливи, але поступово зростає частка культивованих їстівних базидіальних грибів, наприклад шиїтаке. Доведений високий нутрицевтичний і терапевтичний потенціал цих грибів. Останнім часом збільшується інтерес спеціалістів до застосування їстівних грибів шиїтаке у виробництві м'ясопродуктів, де їх використовують у вигляді сухих порошків, екстрактів, паст з досить тривалим терміном зберігання.

Огляд літератури показує, що включення сухого порошку гриба шиїтаке в рецептуру ковбасних виробів і м'ясних напівфабрикатів призводить до суттєвого покращення харчової і біологічної цінності готового продукту, складу білка, забезпечує отримання заданих структурно-механічних і органолептичних показників. Кожен вид грибного продукту через морфологічні відмінності і застосування різних технологічних прийомів обробки має значну різницю фізико-хімічного складу, структурні модифікації і функціонально-технологічні характеристики, тому їх використання при виробництві м'ясопродуктів вимагає проведення додаткових досліджень. Запропонований порошок гриба шиїтаке характеризується необхідними смаковими властивостями, має високу харчову й біологічну цінність і наявність великої кількості біологічно та фізіологічно активних речовин, а також тривалим терміном зберігання. Це дає змогу рекомендувати його як перспективну сировину для виробництва цілого ряду м'ясопродуктів.

Ключові слова: гриби, сушіння, м'ясні напівфабрикати, ковбасні вироби, харчова цінність, підсилювач смаку.

Постановка проблеми. Останніми роками в усьому світі і в Україні спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва штучно культивованих їстівних грибів. Також збільшується інтерес спеціалістів до їстівних видів грибів для застосування у виробництві м'ясопродуктів, де їх використовують у вигляді порошків, екстрактів, паст, інших продуктів переробки (Rangel-Vargas, Rodríguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021). В Україні найбільшу частку загального обсягу вирощування і переробки займають печериці та гливи. Поступово зростає частка культивованих базидіальних їстів-

них грибів, більш традиційних для країн Південно-Східної Азії, наприклад, рейши і шіїтаке (Нестеренко, 2011). Шіїтаке цінуються через свої відмінні фармацевтичні властивості. Численні дослідження, проведені в Японії, Франції, Німеччини, Великій Британії підтверджують, що гриб має онкостатичну, імунорегуючу, антивірусну, антибактеріальну, гепатопротекторну, гіпохолестеричну дію метаболітів (Курсова та ін., 2018; Матанцев, & Матанцева, 2013). Унікальні лікувальні властивості базидіального гриба шіїтаке викликали інтерес до нього і в Україні. Це призвело до значного збільшення обсягів його вирощування і подальшого застосування, в т.ч. в харчовій промисловості, як самостійно, так і для виробництва дієтичних і біологічно активних добавок в м'ясних, молочних і рибних продуктах, а також соусів, снєків тощо. (Нестеренко, 2011; Курсова та ін., 2018; Матанцев, & Матанцева, 2013; Ященко, 2012).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хімічний склад і фізичні властивості їстівних грибів відрізняються залежно від їх виду, умов культивування, складу субстрату, термінів зберігання тощо. До складу грибів входять білки, вуглеводи, жири, багатий мінеральний і вітамінний комплекс, інші біологічно активні сполуки. В середньому гриби містять від 18 до 40% білка в перерахунку на суху речовину, невеликий вміст ліпідів, а найбільшу частку займають вуглеводи. Вміст незамінних амінокислот в грибах наближається до їх вмісту в «ідеальному білку», на незамінні амінокислоти припадає 25—45% кількості білка. Характерним є високий вміст лізину, лейцину і треоніну. Лімітуючими амінокислотами є метіонін і фенілаланін, але поєднання білків грибів з білками тваринного походження дасть змогу значно збагатити загальну біологічну цінність готових продуктів. Гриби містять незначну кількість жиру (0,6—8,3% в перерахунку на суху речовину), причому в їх складі переважають ненасичені олеїнова і лінолева кислоти. До складу грибів входить значна кількість вуглеводів, представлених водорозчинними (глікопротеїнами) і водонерозчинними (хітин-глюкановими комплексами, переважно β -Д-глюканами) полісахаридами. Саме до складу полісахаридів грибів входять речовини, які характеризуються високою лікувальною активністю і використовуються як окремі медичні препарати різного спрямування. Таким чином, завдяки своєму фізико-хімічному складу гриби і продукти їх переробки можуть виступати як цінний компонент для часткової заміни м'яса, жиру, борошна при виробництві широкого переліку харчових продуктів здорового харчування, в т.ч. функціонального призначення (Yadav, & Negi, 2021; Kumar, Mehra, & Guiné 2021; Поединок, 2015; Zhang та ін., 2021; Bach, Helm, Bellettini, Maciel, & Haminiuk, 2017).

Останнім часом збільшується інтерес до застосування їстівних грибів у виробництві м'ясопродуктів. Найчастіше їх використовують у вигляді порошків, екстрактів, паст, гелів та інших продуктів переробки, які характеризуються досить тривалим терміном зберігання (Rangel-Vargas, Rodriguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021).

Грибні порошки використовують у ковбасних виробках або м'ясних напівфабрикатах для часткової заміни м'яса курятини, індички, свинини або яловичини, зниження вмісту жиру і солі. Огляд літератури показує, що включення сухих продуктів переробки їстівних грибів шляхом часткової заміни тваринного білка в кількості до 0,8—2,5% для ковбасних виробів і до 10—15% в м'ясних напівфабрикатах призводить до суттєвого покращення харчової і біологічної цінності го-

тового продукту, вмісту і складу білка, збагачує їх мінеральними речовинами і вітамінами, сприяє покращенню структурно-механічних і органолептичних показників. Невиправдане збільшення вмісту сухих грибних порошків негативно впливає на якість готових виробів, їх консистенцію, надає більш темного невласного кольору і неприємного смаку. Включення грибного порошку в рецептуру фаршу м'ясних напівфабрикатів за рахунок часткової заміни хліба сприяє зниженню їх енергетичної цінності. Крім того, завдяки антиоксидантним властивостям, введення грибного порошку в м'ясний фарш пригнічує окислення ліпідів і подовжує термін їх зберігання (Rangel-Vargas, Rodriguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021).

Специфічний грибний присмак поліпшує і підсилює смак готових м'ясних продуктів. Для шийтаке характерним є смак «умамі», в основному пов'язаний з наявністю глутамінової кислоти та її солей у білках, тож ці гриби можна вважати перспективним природним підсилювачем смаку і використовувати як заміну м'яса в дієтичних продуктах. Наявність цього смаку в грибах шийтаке дає змогу знижувати рівень солі в рецептурах м'ясопродуктів до 50%, без суттєвих змін органолептичних і реологічних показників (França, Harada-Paderno, & Frasceto, 2022).

Збільшення у м'ясних виробках вмісту харчових волокон через їх високий вміст у грибах надає можливість регулювати фізико-хімічні і мікроструктурні властивості м'ясопродуктів і таким чином отримувати необхідні реологічні показники. Дослідження м'ясної емульсії з 2% вмістом порошку гриба *Agaricus bisporus* продемонстрували вищу стійкість до прикладених навантажень, кращі властивості до гелеутворення, комплексну в'язкість, псевдопластичну поведінку, термостійкість і міцність емульсії порівняно з іншими зразками (Kurt, & Gençcelep, 2018). Пропонується використання грибних концентратів (1,5—7,5%) як емульгатора в емульсіях «олія-у-воді» (Umaña Turchiuli, & Eim, 2021).

Велика кількість досліджень показує позитивний вплив грибних продуктів на якість м'ясопродуктів при зменшенні кількості в рецептурах нітратів і фосфатів (Rangel-Vargas, Rodriguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021; Pil-Nam, Park, & Kang 2015). Доведено, що додавання грибного порошку призводить до підвищення рівня pH м'ясного фаршу, ефективного зменшення виділення бульйону з ковбас при термічній обробці без дефектів кольору й текстури виробів під час зберігання, а також пригнічення окисного псування виробів (Rangel-Vargas, Rodriguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021). Доведено, що гриби шийтаке через їх високу біоактивність можна використовувати для запобігання окисленню ліпідів і росту мікроорганізмів під час зберігання (Pil-Nam, Park, & Kang, 2015).

Використання кожного виду грибного продукту у виробництві м'ясопродуктів вимагає проведення додаткових досліджень через значну різницю складу, структурні модифікації і різні функціонально-технологічні характеристики.

Мета статті: дослідження фізико-хімічного складу і біологічної цінності грибного порошку з грибів шийтаке для визначення перспективності його використання у виробництві м'ясопродуктів.

Актуальність таких досліджень обумовлена можливістю збільшення асортименту продуктів функціонального призначення, покращення смакових і функціо-

нально-технологічних властивостей м'ясних продуктів, а також їх збагачення цінними біологічно активними компонентами. Крім того, гриби мають виражені антимікробні та антиоксидантні властивості, що дасть змогу покращити терміни зберігання м'ясних продуктів (Rangel-Vargas, Rodriguez, & Domínguez, 2021; Pérez-Montes, Rangel-Vargas, & Manuel Lorenzo, 2021; Yadav, & Negi 2021; Kumar, Mehra, & Guiné, 2021).

Матеріали і методи. Для досліджень були використані: свіжі сортовані гриби шийтаке і грибний порошок з них, отриманий методом розпилювання за технологією Інституту технічної теплофізики НАН України (ТУУ15.8-38-05417118-055:2019).

Масову частку сухих речовин визначали згідно з ДСТУ 7804:2015; білка — згідно з ДСТУ 7824:2015; ліпідів — згідно з ДСТУ 4941:2008; золи — згідно з ДСТУ ISO 2171:2009.

Амінокислотний склад гриба визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії наавтоматичному аналізаторі амінокислот Т-339 («Mikro-techna», Чехія), який дає змогу кількісно визначити амінокислоти, зв'язані у білках, а також вільні амінокислоти.

Вміст комплексу полісахаридів у зразках визначали за методикою, розробленою в Інституті ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України (Вассер, 2012).

Викладення основних результатів дослідження. Шийтаке — їстівний гриб, відомий своїми поживними і лікувальними властивостями. Проте лише 20% грибів від загальної кількості вирощених надходить на переробку. Причинами, які стримують їх широке використання у виробництві та просування на споживчому ринку, є незначний термін зберігання і недостатня кількість технологій переробки. Свіжі гриби мають високий вміст масової частки вологи (до 90—95%), що безпосередньо скорочує їх термін зберігання. При зниженні вмісту вологи можна подовжити не тільки термін зберігання, але й максимально зберегти поживні речовини, які так необхідні для організму людини. Сучасні технологічні схеми переробки грибів, зазвичай, включають декілька видів механічного, фізичного і хімічного впливу або їх поєднання. Велика кількість праць присвячена використанню низьких (криогенна обробка) або високих температур (відварювання, інфрачервоне нагрівання тощо) і механічного диспергування або їх комбінування для створення технологій виробництва різних видів грибних напівфабрикатів. Аналіз існуючих технологій для переробки грибів з метою збереження комплексу біологічно активних речовин показав, що головними процесами, які визначають кількісний вихід кінцевого продукту, є процеси подрібнення, гомогенізації та сушіння. Така обробка дає змогу ефективно провести трансформацію зв'язаних амінокислот білка у вільну форму і підвищити біологічну цінність нових видів продуктів харчування з їх використанням (Avdieieva, Zhukotskyi, & Dekusha, 2021).

Одним з найбільш ефективних способів перероблення грибів для подальшого використання у виробництві різних видів харчових продуктів є їх сушіння. Продукти переробки грибів у вигляді сухих порошків або гранул широко застосовуються в харчовій промисловості для отримання високої харчової і біологічної цінності харчової продукції, посилення ароматичних і смакових властивостей, а також для значного збільшення терміну й покращення умов зберігання

і транспортування (Долинский, & Малецкая, 2011; Турчина, Жукотський, Костянець, & Макаренко, 2019).

З метою отримання сухої форми їстівних грибів використовують різні види сушіння: конвективне, кондуктивне, вакуумне, розпилювальне, сублімаційне або їх поєднання у різних варіантах. При виборі методу сушіння користуються комплексом показників: фізико-хімічний склад, органолептичні і функціонально-технологічні показники. Важливим критерієм вибору є енергетичні характеристики (Avdieieva, Zhukotskyi, & Dekusha, 2021).

Досить часто для одержання сухих грибних порошків і гранульованих грибних продуктів використовується метод розпилювального сушіння. Метод розпилювання дає змогу значно розвинути міжфазну поверхню й отримати значне збільшення поверхні випаровування, за рахунок чого досягається інтенсивний масо- і теплообмін між продуктом і сушильним агентом, а також підвищення енергетичної ефективності процесу загалом. Розчини, емульсії, суспензії або пастоподібні матеріали з грибів розпорошуються в сушильній камері і при контакті з гарячим сушильним агентом (повітрям або топковим газом) за досить невеликий проміжок часу зневоднюються. Особливості розпилювального сушіння надають можливість висушувати матеріали, які мають високу термочутливість і не можуть піддаватися впливу високих температур протягом тривалого часу, а також матеріалів, що містять частинки, здатні до агломерації. Процес триває в дуже м'яких умовах, тому навіть нестійкі речовини добре зберігаються і легко регідратують. Цей тип сушіння дає змогу отримати сухі порошкові продукти із заданими структурними, дисперсними і смаковими характеристиками, який не поступається за якістю продуктам, отриманим при сушінні сублімацією (Avdieieva, Zhukotskyi, & Dekusha, 2021; Долинский, & Малецкая, 2011; Турчина, Жукотський, Костянець, & Макаренко, 2019).

Результати досліджень фізико-хімічного складу грибів шиїтаке, вирощених у Київській області, показали, що плодове тіло гриба шиїтаке в перерахунку на суху речовину містить значну кількість білків — до 18,8%, золи — 5,73 і невелику кількість ліпідів — 1,1% з наявністю поліненасичених жирних кислот (лінолевої та ліноленової). Найбільшу частку становлять вуглеводи — 74,5%, в т. ч. активні комплекси речовин імуностимулюючої та протипухлинної дії — 2,98%. Більша частина вуглеводів представлена переважно важкоперетравлюваним хітин-глюкановим комплексом клітинних стінок, які надають шиїтаке особливої жорсткості і призводять до складнощів у його переробці. Аналіз отриманих результатів досліджень фізико-хімічного складу шиїтаке, зокрема високий вміст білків, які можуть бути залученні до процесу структуроутворення часток, і низький ліпідів, також додаткове використання структуруючих добавок підтвердив можливість висушування грибної суспензії методом розпилювання (Турчина, Жукотський, Костянець, & Макаренко, 2019).

Отриманий за технологією Інституту технічної теплофізики НАН України грибний порошок мав такі органолептичні характеристики: дрібнодисперсний сипкий порошок світло кремового кольору, з характерним приємним грибним смаком і ароматом, властивих якісній грибній сировині, без сторонніх смаків і ароматів. Дослідження фізико-хімічного складу грибного порошку показали, що він містить 15,31% білка, 0,72 % ліпідів, значну кількість вуглеводів — 79,8% і 4,2% золи, куди увійшли макро- та мікроелементи грибів. Запропонована техно-

логія підготовки грибної сировини із застосуванням механізмів дискретно-імпульсного введення енергії і розпилювального сушіння дала змогу перевести в рідчинну форму і збільшити втричі (з 2,98% до 9%) кількість доступних біологічно активних речовин імуностимулюючої та протипухлинної дії. Калорійність грибного порошку становить 386,92 ккал. Запропонована технологія виробництва грибного порошку забезпечила збереження якісного амінокислотного складу білків. Результати досліджень амінокислотного складу білків порошку з гриба шийтаке свідчать про наявність всіх незамінних амінокислот з високим вмістом лізину, треоніну, цистину і тирозину. Лімітуючими амінокислотами є валін та ізолейцин, однак поєднання порошку гриба з продуктами тваринного походження (м'ясо, риба, молоко і молочні продукти) підвищує їх вміст у готових виробках до необхідного рівня. До амінокислотного складу білків грибного порошку входять глутамінова та аспарагінова кислоти, які надають готовим м'ясним виробам пряного, бульйонного, насиченого м'ясного смаку. Це дасть змогу позитивно впливати на смакові властивості виробів. Високий вміст харчових волокон у грибних порошках позитивно впливає на утворення мікроструктури і забезпечує таким чином отримання властивих конкретному виду м'ясопродуктів необхідні реологічні показники.

Отже, висушений порошок гриба шийтаке характеризується тривалим терміном зберігання, високими смаковими властивостями, має високу харчову та біологічну цінність, містить велику кількість біологічно та фізіологічно активних речовин. Для визначення поведінки грибного порошку в емульсіях ковбасних виробів або фаршах м'ясних напівфабрикатів і кількості заміни сировини необхідне проведення подальших досліджень.

Висновки

Особливості багатого на корисні біологічно активні речовини фізико-хімічного складу їстівних грибів дає змогу рекомендувати їх як перспективну сировину для цілого ряду низькокалорійних продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, в т.ч. дієтичного і функціонального призначення.

Виготовлений за технологією Інституту технічної теплофізики НАН України методом розпилювального сушіння сухий порошок гриба шийтаке (ТУ У 15.8-05417118-055:2019) характеризується високими органолептичними і фізико-хімічними властивостями. Його застосування у технологіях м'ясних і ковбасних виробів дасть змогу покращити функціонально-технологічні показники м'ясної сировини й отримати готову продукцію з високою харчовою і підвищеною біологічною цінністю.

Література

- Вассер, С. П. (2012). Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: в 2 т. Т. 2. Киев: Альтерпрес.
- Долинский, А. А., Малецкая, К. Д. (2011). *Распылительная сушка: в 2-х т. Т. 1. Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения*. Киев: Академперіодика.
- Матанцев, А. Н., Матанцева, С. Г. (2013). *Все о лечебных свойствах грибов*. Вильнюс, УАВ «Bestiary».
- Нестеренко, Н. (2011) Виробництво і споживання культивованих грибів в Україні. *Товари і ринки*. 2, 61—68.

Поединок, Н. Л. (2015). *Биотехнологические основы интенсификации культивирования съедобных и лекарственных макромицетов с помощью света низкой интенсивности* (Дис. д-ра биол. наук). Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики НАН Украины» НАН Украины, Киев.

Турчина, Т., Жукотський, Е., Костянець, Л., Макаренко, А. (2019). Моделювання впливу β -циклодекстрину як структуруючої добавки на кінетику сушіння водної суспензії їстівного гриба шиїтаке. *Scientific Works*, 83 (1), 152—156. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1434>.

Ященко, О. В. (2012) Харчова та біологічна роль їстівних та лікарських грибів в харчуванні населення (огляд літератури). *Гігієна населених місць*, 59, 234—240.

Avdieieva, L., Zhukotskyi, E., Dekusha, H. (2021). Analysis of the existing methods and specific features of drying shiitake mushrooms. *Food science and technology*, 15 (3), 94—107.

Bach, F., Helm, C. V., Bellettini, M. B., Maciel, G. M., Haminiuk, C. W. I. (2017). Edible mushrooms: A potential source of essential amino acids, glucans and minerals. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 52, 2382—2392.

França, F., Harada-Padermo, S., Frasceto, R. (2022). Umami ingredient from shiitake (*Lentinula edodes*) by-products as a flavor enhancer in low-salt beef burgers: Effects on physicochemical and technological properties, *LWT*, 154, 112724. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112724>.

Kumar, K., Mehra, R., Guiné, R. (2021) Edible Mushrooms: A Comprehensive Review on Bioactive Compounds with Health Benefits and Processing Aspects. *Foods*, 10 (12), 2996. <https://doi.org/10.3390/foods10122996>.

Kupcova, K., Stefanova, I., Plavcova, Z., Hosek, J., Hrouzek, P., Kubec, R. (2018). Its Antimicrobial, Cytotoxic, Anti-Inflammatory, and Antioxidant Activity of Culinary Processed Shiitake Medicinal Mushroom (*Lentinus edodes*, Agaricomycetes) Major Sulfur Sensory-Active Compound-Lenthionine, *Int. J. Med. Mushrooms*. 20 (2), 165—175. doi:10.1615/IntJMedMushrooms.2018025455. PMID: 29773008.

Kurt, A., Genççelep, H. (2018). Enrichment of meat emulsion with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder: Impact on rheological and structural characteristics. *Journal of Food Engineering*, 237, 128—136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.028>.

Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Manuel Lorenzo, J. (2021). Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products, *Current Opinion in Food Science*, 37, 118—124, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.004>.

Pil-Nam, S., Park, K., Kang, G. (2015). The impact of addition of shiitake on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage, *LWT — Food Science and Technology*, 62 (1), 62—68. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.032>.

Rangel-Vargas, E., Rodriguez, J., Domínguez, R. (2021). Edible Mushrooms as a Natural Source of Food Ingredient/Additive Replacer. *Foods*, 10, 2687. <https://doi.org/10.3390/foods10112687>.

Umaña, M., Turchiuli, C., Eim, V. (2021). Stabilization of oil-in-water emulsions with a mushroom (*Agaricus bisporus*) by-product. *Journal of Food Engineering*, 307, 110667 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110667>.

Yadav, D., Negi, P. S. (2021). Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Res. Int.*, 148, 110599. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110599.

Zhang, Y., Wang, D., Chen, Y., Liu, T., Zhang, S., Fan, H., Liu, H., Li, Y. (2021) Healthy function and high valued utilization of edible fungi. *Food Sci. Hum. Wellness.*, 10, 408—420. doi: 10.1016/j.fshw.2021.04.003.

DEVELOPMENT OF YOGURT TECHNOLOGY WITH HERODIETIC PROPERTIES

O. Tsisaryk, L. Musii, H. Koval, I. Slyvka

*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies
Lviv*

Key words:

*Yogurt
Oat bran
Technology
Herodietic properties
Acidity
Organoleptic properties*

Article history:

Received 12.10.2022
Received in revised form
28.10.2022
Accepted 21.10.2022

Corresponding author:

L. Musii
E-mail:
musiyluba@ukr.net

ABSTRACT

Recipes and technology of yogurt by enriching it with dietary fibers and a sugar substitute — fructose for the elderly are developed, based on experimental data.

Yogurt with a mass fraction of fat of 2.5% was produced by the tank method. Bacterial preparation of direct application FD DVS ABY-3 was used for fermentation of the mixture. Yogurt was made in 2 stages. At the first stage, fructose was added in various amounts to give the product a sweet taste. At the 2nd stage, oat bran was added to the cooled yogurt. At the 1st stage of research, 5 samples of yogurt were made: use of sugar addition in the amount of 5% by weight of the normalized mixture was in the control sample; in experimental samples fructose was used in the amount: sample 1 — 0.5%; sample 2 — 1%; sample 3 — 2.5%; sample 4 — 5% to the weight of the mixture. At the 2nd stage of experimental research, 5 samples of yogurt were produced: control sample — classic yogurt; experimental samples using oat bran in the amount: sample 1 — 1%; sample 2 — 2%; sample 3 — 3%; sample 4 — 5% to the mass of yogurt.

According to organoleptic indicators, the best properties were in the sample when 2.5% fructose and 2% oat bran were used. The taste and smell in this sample was clean, sour-milk with a pleasant aftertaste of oat bran, the color was soft-cream with a small sprinkle of oat bran. The sample with the addition of 5% oat bran was characterized by the worst consistency indicators at the end of storage. When the largest amount of oat bran was added to the yogurt in 14 days, the titrated acidity increased from 86 °T to 98 °T, and in the control sample — to 90 °T.

It was established that for the production of yogurt with herodietic, good organoleptic and probiotic properties, it is suggested using 2.5% fructose and 2.0% oat bran in the recipe, as well as a direct-introduction fermentation culture of the company Hr. Hansen — ABY-3.

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГУРТУ З ГЕРОДІЄТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

О. Й. Цісарик, Л. Я. Мусій, Г. М. Коваль, І. М. Сливка

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

У статті на основі експериментальних даних розроблено рецептури і технологію йогурту для людей похилого віку шляхом збагачення харчовими волокнами та заміном цукру — фруктозою.

Йогурт виготовляли з масовою часткою жиру 2,5% резервуарним способом. Для ферментації суміші було використано бактеріальний препарат прямого внесення FD DVS ABY-3. Йогурт виготовляли у 2 етапи. На першому етапі для надання продуктові солодкого смаку вносили фруктозу в різних кількостях. На другому етапі в охолоджений йогурт вносили вівсяні висівки. На першому етапі досліджень було виготовлено 5 зразків йогурту: контроль — використання цукру в кількості 5% до маси нормалізованої суміші; дослідні зразки з використанням фруктози у кількості: зразок 1 — 0,5%; зразок 2 — 1; зразок 3 — 2,5; зразок 4 — 5% до маси суміші. На другому етапі експериментальних досліджень було виготовлено 5 зразків йогурту: контроль — класичний йогурт; дослідні зразки з використанням вівсяних висівок у кількості: зразок 1 — 1%; зразок 2 — 2; зразок 3 — 3%; зразок 4 — 5% до маси йогурту.

За органолептичними показниками найкращі властивості були у зразку при використанні 2,5% фруктози і 2% висівок. Смак і запах у цьому зразку був чистим, кисло-молочним з приємним присмаком вівсяних висівок, колір ніжно-кремовий з невеликим вкращенням висівок. Найгіршими показниками консистенції в кінці зберігання характеризувався зразок при додаванні 5% вівсяних висівок. При додаванні найбільшої кількості вівсяних висівок у йогурт за 14 діб титрована кислотність зросла 86 °T до 98 °T, а в контрольному зразку — до 90 °T.

Для виробництва йогурту з геродієтичними, добрими органолептичними та пробіотичними властивостями пропонуємо використовувати в його технології 2,5% фруктози та 2,0% вівсяних висівок, а також заквашувальну культуру прямого внесення фірми Хр. Хансен — ABY-3.

Ключові слова: йогурт, вівсяні висівки, технологія, геродієтичні властивості, кислотність, органолептичні властивості.

Постановка проблеми. Вчені та практики в галузі харчових технологій, медици, фізіологи, гігієністи впевнені в тому, що ХХІ ст. стане століттям здорового харчування як запорука належного стану здоров'я населення та підвищення якості життя (Сімахіна, & Науменко, 2022). Серед багатьох завдань, пов'язаних з розвитком суспільства, найбільш глобальним в Україні є вдосконалення структури харчування населення, забезпечення доступності харчових продуктів, а також створення збагаченої їжі з бажаними властивостями (Сімахіна, & Науменко, 2016).

Одним з найпопулярніших молочних продуктів на сьогодні у світі є йогурт, який входить до складу багатьох дієт, в тому числі й для людей похилого віку.

Застосування зернової сировини та продуктів її перероблення в технології молочних продуктів геродієтичного призначення зумовлене їх профілактичними та функціонально-технологічними властивостями (Дмитровська, 2016; Романчук, Рудакова, & Моїсєєва, 2017).

У нашій країні майже відсутній такий важливий продукт, як вівсяні харчові висівки, які традиційно отримують при здрібнюванні вівсяного зерна. Основною метою при виробництві всіх видів борошна в Україні є отримання максимального виходу подрібненого продукту, тому, як правило, висівки, що отримують після здрібнювання, не використовуються як цінний харчовий продукт. В країнах ЄС, Америки, особливо США, вівсяні висівки з останньої чверті XX ст. увійшли в асортимент найбільш корисних і дієтичних продуктів. Їх особливістю є високий рівень харчових волокон (до 16%), особливо корисних для організму людини β -глюканів (5,5—23,0%), високий вміст білка та, відповідно, збагачений амінокислотний склад тощо (Соц, Гулавський, & Кустов, 2016).

Вівсяними висівками і поживними продуктами з їх використанням можна тривалий час підтримувати гостроту зору (за рахунок наявності лютеїну і зеаксантину); очищати кишечник від несприятливих бактерій і відновлювати здорову кишкову мікрофлору; поліпшувати процеси травлення; виводити надлишок «поганого» холестеролу; контролювати масу тіла; зміцнювати серцево-судинну систему; поліпшувати захисні функції організму; заповнювати шлунок і довго не викликати почуття голоду; контролювати глікемічний індекс, що дасть змогу розширити список допустимих продуктів харчування (важливо для людей, які страждають на цукровий діабет); поліпшити перистальтику шлунково-кишкового тракту; прискорювати метаболічні процеси; налагоджувати роботу печінки і підшлункової залози; відновлювати енергетичні запаси після розумової і фізичної праці (Кустов, & Соц, 2015).

Тому перед харчовими галузями промисловості постали принципово нові завдання, які не можна вирішити простим кількісним нарощуванням обсягів виробництва харчових продуктів. Важливого значення набуває необхідність широкого використання при розробленні продуктів і раціонів харчування, у тому числі для людей похилого віку, біологічно активних речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. XXI ст. складний час для життя кожного українця. Поруч із різноманітними екологічними та економічними проблемами, важливого значення набувають ще й соціальні, найголовнішою з яких є «старіння» нації. В Україні кожен четвертий житель — пенсіонер за віком. За часткою людей, вік яких перевищує 65 років, Україна займає 11 місце серед країн світу. За статистичними даними в 1997 р. кількість людей похилого віку в Україні становила 19% від загальної чисельності населення, сьогодні — 20,5%, а за прогнозом Інституту геронтології АМН України ця цифра у 2026 р. досягне 26%, а у 2050 р. — близько 38%. Це означає, що більше ніж третина населення потребує і буде потребувати особливостей в обслуговуванні, лікуванні, профілактиці різної вікозалежної патології, у тому числі і в організації раціонального харчування, що суттєво впливає на всі рівні організації організму людини, яка старішає, на тривалість її життя, профілактику та лікування патології старості (World population ageing 1950—2050; Д'яконова, & Нестеренко, 2014).

Потреба в раціональному харчуванні людей похилого віку висуває завдання створення асортименту продуктів, нутрієнтно адекватних специфіці їхнього харчування з урахуванням найбільш розповсюджених патологій. Слід пам'ятати, що своєчасна організація геродієтичного харчування може зменшити кількість найбільш поширених захворювань людей похилого віку, таких як цукровий діабет, захворювання опорно-рухового апарату (артрит, остеопороз), шлунково-кишкового тракту, серцево-судинні захворювання, захворювання органів зору. Це також буде сприяти зниженню ризику передчасного старіння, що є одним із факторів досягнення людиною межі її біологічного віку, тобто 90—100 років (Григоров, 2002).

Основний принцип первісної профілактики та лікування основних патологій старості — перехід на адекватне харчування з достатнім вмістом кальцію, магнію, міді, цинку та інших мікроелементів, вітамінів D, A, E, C, групи B, білків і пептидів (колагену), необхідних для побудови кісткової та хрящової тканини, ПНЖК, пробіотиків і пребіотиків. Тому розробка продуктів геродієтичного харчування з функціональними властивостями є дуже важливою в сучасних умовах (Д'яконова, & Нестеренко, 2014).

Існує ряд продуктів для людей похилого віку, основною сировиною для яких є молоко та продукти його переробки, зокрема питних молочних напоїв геродієтичного призначення на основі сухого молока, сухого знежиреного молока, сухої сирної сироватки, питних молочних і кисломолочних продуктів із використанням пребіотиків та геродієтичного кисломолочного сиру із додаванням біфідовмісних бактерій (Дідух, Г. & Дідух, Н., 2006). Спеціалістами в галузі геродієтики було запропоновано технології м'ясної та м'ясо-рослинної кулінарної продукції з підвищеним вмістом сполучно-тканинних білків та їх гідролізатів для профілактики остеопорозу (Устинова, 2010), технологія виробництва паштету в оболонці та пасти бутербродної на основі субпродуктів (Касьянов, Запорожский, & Ковтун, 2010).

Використання зернової сировини та продуктів її переробки в геродієтичному харчуванні зумовлене її лікувально-профілактичними та функціонально-технологічними властивостями. Найбільш перспективними, з точки зору харчової комбінаторики, є рослинна пектиновмісна сировина та продукти переробки вівса.

Незважаючи на те, що вівсяні висівки виробляються з твердої оболонки вівсяного зерна, в них містяться досить важливі для організму елементи. Вівсяні висівки і їх продукти містять в собі: білкові фракції (близько 17%); амінокислоти заміної і незамінної груп; жири, які представлені насиченими, поліненасиченими і мононенасиченими жирними кислотами; вуглеводи (до 66%) у вигляді цукрів; нерозчинні волокна (або клітковина); жиророзчинні вітаміни, такі як E (токоферол), D (кальциферол), A (ретинол), K (філохінон), каротиноїди (синтезується бета-каротин); водорозчинні вітаміни, зокрема, вітамін C (аскорбінова кислота), групи B, H (біотин), PP (нікотинова кислота); мінеральні речовини від «А до Я». Вивчаючи склад вівсяних висівок, важливо знати про те, що їх застосування — це перш за все турбота про власне здоров'я, свого роду інвестиції для тривалості життя. Головна їх цінність — нерозчинні харчові волокна. Грубі харчові волокна не перетравлюються, не всмоктуються, вони набухають в кишечнику, просочуючись водою, виносять назовні з організму 10% холестерину, ток-

сичні речовини, вільні радикали, відбувається очищення судин (Shrestha, Awasthi, & Tiwari, 2013; Мацак, 2011).

Використання вівсяних висівок у технології йогурту розширить асортимент продуктів з функціональними властивостями, зокрема для людей похилого віку. Водночас доцільно збагатити пробіотичний продукт пребіотиками, підвищуючи ефективність профілактичної дії. Одним із аспектів цієї проблеми є розробка композиції з яскраво вираженими підсолоджуючими властивостями. Слід мати на увазі, що незбалансована висококалорійна дієта з великим споживанням швидко засвоюваних простих цукрів у щоденних дієтах може спровокувати ризик ожиріння, діабету 2 типу, тощо (Assembayeva, Galstyan, Seidakhmetova, Velyamov, & Nurmukhanbetova, 2018).

Асортимент йогурту з цукрозамінниками в Україні незначний. Сучасний підхід до створення харчових продуктів пов'язаний, зокрема, з використанням концепції глікемічних індексів і глікемічного навантаження (Полумбрик, 2008). Тому наукове обґрунтування сучасної технології, що дасть змогу створити йогурт з вівсяними висівками і цукрозамінником, є актуальним.

Мета дослідження: розробити рецептури і технологію йогурту для людей похилого віку шляхом збагачення харчовими волокнами та замінником цукру — фруктозою.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників зразків йогурту проводилися у лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Йогурт виготовляли з масовою часткою жиру 2,5% резервуарним способом. Для ферментації суміші було використано бактеріальний препарат прямого внесення *FD DVS ABY-3*, до складу якого входить *Lactobacillus acidophilus* La-5, BB-12, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* («Хр. Хансен, Україна»). Використання у складі закваски пробіотичних культур *Lactobacillus acidophilus* La-5 та BB-12 забезпечує надання продуктові функціональних властивостей.

Йогурт виготовляли у два етапи. На першому етапі для надання продуктові солодкого смаку вносили фруктозу у різних кількостях. На другому етапі в охолоджений йогурт вносили вівсяні висівки.

На першому етапі досліджень було виготовлено 5 зразків йогурту: контроль — використання цукру у кількості 5% до маси нормалізованої суміші; дослідні зразки з використанням фруктози у кількості: зразок 1 — 0,5%; зразок 2 — 1; зразок 3 — 2,5; зразок 4 — 5% до маси суміші.

На другому етапі експериментальних досліджень було виготовлено 5 зразків йогурту: контроль — класичний йогурт; дослідні зразки з використанням вівсяних висівок у кількості: зразок 1 — 1%; зразок 2 — 2; зразок 3 — 3; зразок 4 — 5% до маси йогурту.

Протягом сквашування контролювали наростання титрованої та активної кислотності. Титровану кислотність визначали за ГОСТ 3624—92 «Молоко і молочні продукти. Титриметричні методи визначення кислотності». Вимірювання активної кислотності проводили за допомогою електронного Рн-метра «Mettler Toledo MP220».

В'язкість згустку при виробництві йогурту визначали за часом витікання при 20 °С з піпетки об'ємом 10 мл. Готовий продукт аналізували на відповідність вимогам чинного ДСТУ 4343:2004. «Йогурти. Загальні технічні умови».

Мікробіологічні показники продукту досліджували згідно з ДСТУ IDF 117В:2003 «Йогурт. Визначення кількості характерних мікроорганізмів. Метод підрахунку колоній за температури 37 °С». Пробу об'ємом 1 мл змішували з 9 мл дистильованої води перемішували до отримання однорідної емульсії, з якої готували десятикратні розведення.

Загальну кількість молочнокислих культур визначали паралельним посівом розведень зразків йогурту у чашки Петрі на середовище Лактобакагар з подальшим інкубуванням у термостаті за температури (37±1) °С протягом 3 днів в анаеробних умовах. Визначення кількості дріжджів і плісені визначали посівом на середовище Сабуро (ГОСТ 10444.12-88).

Викладення основних результатів дослідження. Рецептuru розробленого йогурту з фруктозою наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Рецептuru на йогурт з фруктозою на 1000 кг готового продукту

Назва рецептурного складника	Кількість компонента, кг				
	зразок К	зразок 1	зразок 2	зразок 3	зразок 4
Молоко незбиране (м.ч.ж. 3,51%)	684,6	717,0	713,4	702,6	684,6
Молоко знежирене (м.ч.ж. 0,05%)	265,4	278,0	276,6	272,4	265,4
Закваска, ум. од. акт.	100	100	100	100	100
Цукор	50	—	—	—	—
Фруктоза	—	5	10	25	50
Всього	1000	1000	1000	1000	1000

Йогурт виготовляли резервуарним способом. Охолоджене молоко (титрована кислотність 19 °Т) направляють на нормалізацію знежиреним молоком (м.ч.ж. 0,05%) до масової частки жиру у нормалізованій суміші 2,5%. Після нормалізації суміш направляють на пастеризацію при температурі (95±1) °С з витримкою 5 хвилин. В охолоджену до температури (37±1) °С суміш вносять заквашувальну культуру прямого внесення. Для ферментації суміші було використано бактеріальний препарат прямого внесення *FD DVS ABY-3*, до складу якого входить *Lactobacillus acidophilus* La-5, BB-12, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* («Хр. Хансен, Україна»). Використання пробіотичних культур у складі закваски — *Lactobacillus acidophilus* La-5, та BB-12 надає продукту функціональних властивостей. Для рівномірного розподілення культури застосовують перемішування протягом 10—15 хвилин.

Після перемішування, в нормалізовану суміш вносили цукор та фруктозу у розрахованій кількості. Суміш перемішували 10 хвилин. Після внесення всіх складників суміш піддавали ферментації за температури (37±1) °С. Скважування суміші проводять до досягнення активної кислотності 4,6...4,7 од. рН.

Після сквашування молочної суміші, продукт відразу охолоджували до температури 4...6 °С в холодильній камері і направляли на зберігання протягом 14 діб.

Під час сквашування зразків йогурту досліджували показники титрованої і активної кислотності — щогодини (рис. 1); органолептичні показники — після закінчення сквашування.

Процес сквашування всіх зразків становив від 3,5 до 4 годин. При використанні як цукрозамінника фруктози титрована кислотність ферментованих зразків складала 75...86 °Т (рис. 1, а), причому найнижчою кислотністю — 75 °Т відзначався контрольний зразок та експериментальний зразок 1, до складу суміші якої входила найменша кількість фруктози (0,5%). У той же час, найвищою титрованою кислотністю характеризувався зразок 4 (86 °Т), вміст фруктози у цьому зразку був найвищим — 5%. Якщо порівняти показники титрованої кислотності зразків йогурту, то можна зробити висновок, що додавання фруктози впливає на тривалість сквашування. З підвищенням вмісту фруктози зростала титрована кислотність у кінці ферментації.

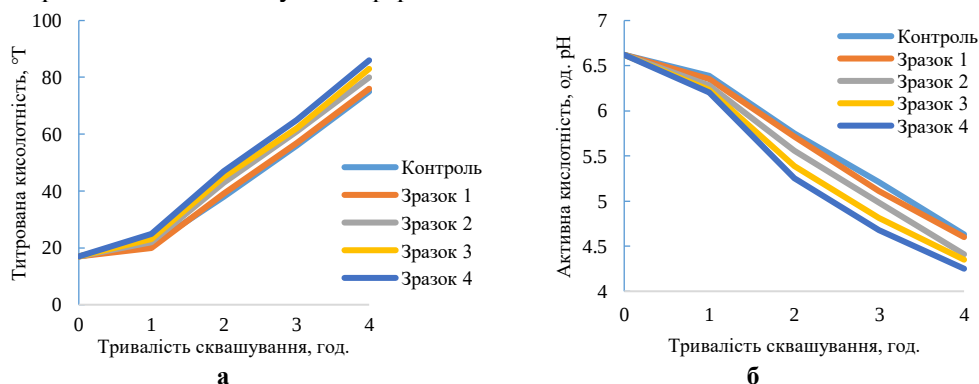


Рис. 1. Зміна титрованої (а) та активної (б) кислотності йогурту при використанні фруктози

Аналіз зниження активної кислотності зразків йогурту свідчить, що використання заквашувальної культури прямого внесення та різної кількості цукрозамінника впливає на активність кислотоутворення. При ферментації зразків йогурту з фруктозою зниження активної кислотності відбувалося найповільніше в зразку 1 — активна кислотність у кінці ферментації становила 4,6 од. рН (рис. 1, б). Кислотність контрольного зразка та зразка 1 відрізняється незначно — на 0,03 °Т. Причому найнижчу активну кислотність мав зразок 4, що, напевне, обумовлено найвищою концентрацією в ньому фруктози. Тому можна припустити, що фруктоза позитивно впливає на ріст ацидофільної палички, що є активним кислотоутворювачем.

Згідно з органолептичною оцінкою зразок 3 із використанням фруктози у кількості 2,5% характеризувалися чистим, кисломолочним смаком і запахом, у міру солодким, без сторонніх присмаків і запахів. При додаванні меншої кількості фруктози смак був або несолодким або недостатньо солодким. При додаванні 5% фруктози смак надто солодкий (табл. 2).

Органолептично встановлено, що для задоволення смакових потреб споживача і кращого зовнішнього вигляду та консистенції рекомендовано використовувати

вати в технології йогурту 2,5% фруктози. Тому для подальших досліджень використовували йогурт з 2,5% фруктози.

Таблиця 2. Органолептичні показники зразків йогурту при використанні фруктози

Назва показника	К	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Смак і запах	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, у міру солодкий	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, не солодкий	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, недостатньо солодкий	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, у міру солодкий	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, солодкий
Консистенція	Однорідна, ніжна, з непо-рушеним згустком, у міру щільна	Однорідна, ніжна, з непо-рушеним згустком, у міру щільна	Однорідна, ніжна, з непо-рушеним згустком, у міру щільна	Однорідна, ніжна, з непо-рушеним згустком, у міру щільна	Однорідна, ніжна, з непо-рушеним згустком, у міру щільна
Колір	Білий	Білий	Білий	Білий	Білий

На основі розроблених зразків розроблено рецептури йогурту з вівсяними висівками на 1000 кг готового продукту (табл. 3).

Таблиця 3. Рецептура на йогурт з фруктозою та вівсяними висівками на 1000 кг готового продукту

Назва сировини	Маса сировини, кг				
		1%	2%	3%	5%
Йогурт з м.ч.ж. 2,5%	1000	990	980	970	950
Вівсяні висівки	—	10	20	30	50
Всього	1000	1000	1000	1000	1000

При додаванні більшої кількості вівсяних висівок зменшували кількість солодкого йогурту з масовою часткою жиру 2,5%.

Після внесення вівсяних висівок у йогурт визначали передусім органолептичні показники готового продукту (табл. 4).

Таблиця 4. Органолептичні показники йогурту з фруктозою і вівсяними висівками

Дослідні зразки	Смак і запах	Консистенція і зовнішній вигляд	Колір
Контроль	Чистий, кисло-молочний, без сторонніх присмаків і запахів, у міру солодкий	Однорідна, ніжна, з порушеним згустком, в міру щільна без газотворення	Білий, однорідний по всій масі
Зразок 1 (1% вівсяних висівок)	Чистий, кисло-молочний, з легким присмаком вівсяних висівок, у міру солодкий	Однорідна, з порушеним згустком, з поодиноким вкрапленням висівок	Білий з кремовим вкрапленням, неоднорідний по всій масі

Зразок 2 (2% вівсяних висівок)	Чистий, кисломолочний, з приємним присмаком вівсяних висівок, у міру солодкий	Однорідна, з порушеним згустком, з вкрапленням висівок	Кремовий, неоднорідний по всій масі
Зразок 3 (3% вівсяних висівок)	Кисломолочний, з вираженим присмаком вівсяних висівок, у міру солодкий	Однорідна, густа, з великим вкрапленням висівок	Коричневий, неоднорідний по всій масі
Зразок 4 (5% вівсяних висівок)	Кисломолочний, з різко вираженим присмаком вівсяних висівок, у міру солодкий	Однорідна, дуже щільна, з великим вкрапленням висівок	Темно-коричневий, неоднорідний по всій масі

Контрольний зразок характеризувався чистим кисломолочним смаком і запахом, в міру солодким, однорідною консистенцією, білим кольором. Йогурт при додаванні 1% вівсяних висівок характеризувався легким присмаком висівок, з поодиноким вкрапленням висівок і кремовим відтінком. При збільшенні кількості вівсяних висівок спостерігали виражений смак і присмак висівок і більш насичений колір — від коричневого до темно-коричневого, зокрема у зразках 3 і 4.

Найкращими органолептичними показниками характеризувався зразок 2 при використанні 2% вівсяних висівок. Смак і запах у цьому зразку був чистим, кисломолочним з приємним присмаком вівсяних висівок, колір ніжно-кремовий з невеликим вкрапленням висівок.

На початку зберігання та протягом зберігання у кожному зразку йогурту з вівсяними висівками визначали в'язкість та зміну кислотності.

Під час зберігання йогурту з вівсяними висівками змінюється в'язкість продукту, що впливає на привабливість продукту, тому наступний етап передбачав дослідження зміни в'язкості йогурту протягом зберігання за температури 4 ± 2 °C впродовж 14 діб.

На рис. 2 зображені дані зміни в'язкості зразків йогурту. В'язкість контрольного зразка на початку зберігання була найменшою, час витікання — 53 секунди. Протягом зберігання в'язкість зменшувалась, що обумовлюється незначним виділенням сироватки, і на 14 день час витікання становив 46 секунд.

Аналізуючи дані, можна зробити висновок, що внесення більшої кількості вівсяних висівок у йогурт змінює консистенцію продукту як на початку зберігання, так і в кінці зберігання. Зростання в'язкості йогурту пояснюється гігроскопічними властивостями вівсяних висівок, що протягом зберігання набухають у йогурті і утруднюють витікання продукту з піпетки. Найгіршими показниками в кінці зберігання характеризувався зразок при додаванні 5% вівсяних висівок.

Важливим етапом роботи було дослідження зміни властивостей йогурту під час зберігання, адже необхідною умовою при цьому є сповільнення біохімічних процесів і запобігання псуванню продукту. Наступним етапом досліджень було визначення зміни титрованої кислотності готового продукту під час зберігання за температури (4 ± 2) °C (рис. 3). На початку зберігання титрована кислотність у зразках 1—4 становила 75...86 °T.

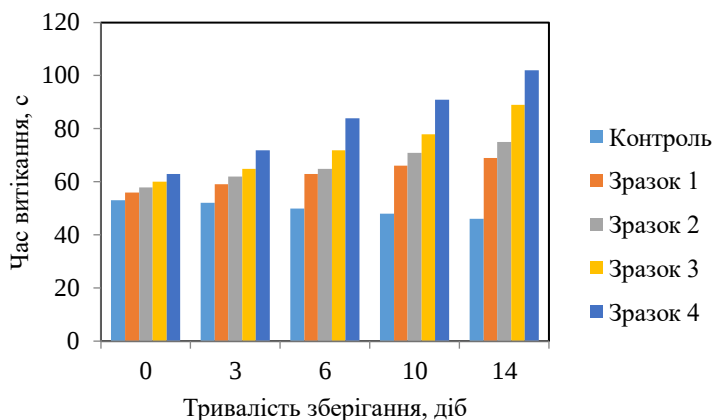


Рис. 2. Зміна в'язкості йогурту протягом зберігання

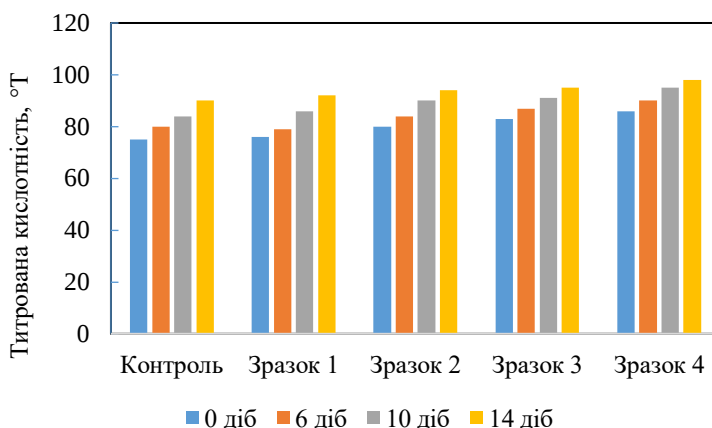


Рис. 3. Зміна титрованої кислотності йогурту протягом зберігання

При дослідженні зміни титрованої кислотності в процесі зберігання встановлено, що з часом титрована кислотність зростає в усіх досліджуваних зразках. Однак у зразку 4, за 14 діб титрована кислотність зросла 86°T до 98°T , а в контрольному зразку — до 90°T . Найнижча величина титрованої кислотності за 14 діб зберігання була у контрольному зразку та зразку 1 при використанні найменшої кількості вівсяних висівок.

Аналізуючи результати досліджень наростання титрованої кислотності, можна припустити, що вівсяні висівки є сприятливим поживним середовищем для молочнокислих бактерій, зокрема ацидофільної палички.

Наступним етапом досліджень стало визначення кількості життєздатних клітин використаних культур лактобактерій в 1 см^3 продукту на початку зберігання. Визначення кількості життєздатних клітин лактобактерій у зразках йогурту (табл. 5) підтвердило припущення, що більш активний їх розвиток був у зразку 4, що обумовлено використанням більшої кількості вівсяних висівок, які утворю-

ють з молочнокислими паличками симбіотичну композицію та є субстратами для активного розвитку молочнокислих бактерій. Кількість молочнокислих бактерій у зразках йогурту корелює з кислотністю готового продукту.

Таблиця 5. Мікробіологічні показники зразків йогурту на початку зберігання

Найменування показника	К	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Кількість життєздатних клітин, КУО/см ³ : лактобактерій	$7,9 \times 10^7$	$7,7 \times 10^7$	$8,1 \times 10^7$	$8,2 \times 10^7$	$8,3 \times 10^7$
Бактерії групи кишкової палички, в 0,01 см ³	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см ³	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 см ³	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 см ³	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
Кількість дріжджів в 1 г продукту, КУО	<10	<10	<10	<10	<10
Кількість плісені в 1 г продукту, КУО	<10	<10	<10	<10	<10

Згідно з ДСТУ 4343:2004. «Йогурти. Загальні технічні умови» в йогурті нормується кількість бактерій групи кишкової палички, контролюється наявність патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерії роду *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* та *Listeria monocytogenes*. Визначення БГКП у 0,01 г зразків йогурту свідчать про їх відсутність у досліджуваній масі продукту.

За вмістом патогенних мікроорганізмів усі зразки йогурту на початку зберігання та протягом зберігання відповідали вимогам чинного стандарту.

Мікробіологічні показники готового кисломолочного напою з вівсяними висівками в процесі зберігання досліджували в умовах лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів на 1-у, 7-у та 14-у добу зберігання.

Кількість молочнокислих мікроорганізмів усіх зразків готового продукту під час зберігання представлена на рис. 4. Аналізуючи дані, наведені на рис. 4, можна стверджувати, що у всіх зразках проявлялось стабільне розмноження молочнокислих бактерій в продукті протягом 14 діб зберігання. На початку зберігання найвищу кількість життєздатних клітин лактобактерій зареєстровано у зразку 4 — $8,3 \times 10^7$ КУО/см³. На 7-у добу зберігання кількість клітин лактобактерій зросла у всіх зразках йогурту. Меншою кількістю лактобактерій характеризувалися контрольний зразок та зразок йогурту, у технології якого було використано найменшу кількість вівсяних висівок. Найвищий рівень молочнокислих мікроорганізмів на 14-у добу зберігання зафіксовано у зразку 4 (кількість висівок — 5%), що свідчить про симбіоз між молочнокислою мікрофлорою та вівсяними висівками. Кількість молочнокислих бактерій у йогурті прямо корелює з наростанням титрованої кислотності.

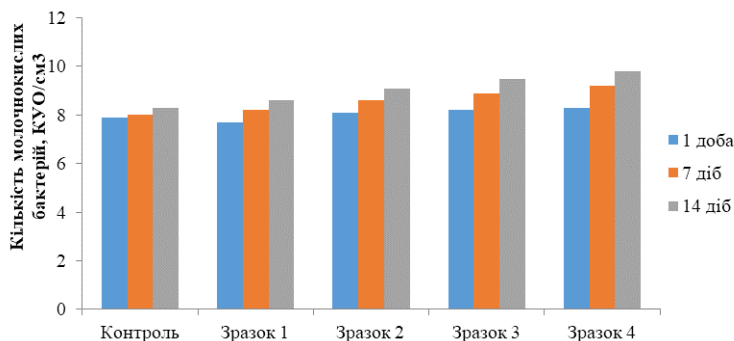


Рис. 4. Зміна кількості життєздатних клітин лактобактерій у зразках йогурту протягом зберігання за температури (4±2) °C

Встановлено, що кількість життєздатних клітин лактобактерій на 14-у добу зберігання для всіх зразків йогурту становила понад $1 \cdot 10^7$ КУО/см³, що забезпечує пробіотичні властивості. Найбільша кількість життєздатних клітин зареєстрована для зразка, де використовували більшу кількість вівсяних висівок, проте цей зразок характеризувався надто густою консистенцією.

Опираючись на результати досліджень, пропонуємо виготовляти йогурт із 2,5% фруктози та 2% вівсяних висівок.

Висновки

Встановлена оптимальна кількість фруктози і вівсяних висівок у технології питного солодкого йогурту. За органолептичними показниками найкращі властивості були у зразку при використанні 2,5% фруктози і 2% висівок. Смак і запах у цьому зразку був чистим, кисломолочним з приємним присмаком вівсяних висівок, колір ніжно-кремовий з невеликим вкрапленням висівок. Внесення більшої кількості вівсяних висівок у йогурт змінює консистенцію продукту. Найгіршими показниками в кінці зберігання характеризувався зразок при додаванні 5% вівсяних висівок. При додаванні найбільшої кількості вівсяних висівок у йогурті за 14 діб титрована кислотність зросла 86 °Т до 98 °Т, а у контрольному зразку до 90 °Т.

Визначення кількості життєздатних клітин лактобактерій у зразках йогурту підтвердило припущення, що більш активний їх розвиток протягом зберігання був у зразку при використанні більшої кількості висівок.

Для виробництва йогурту з геродієтичними, добрими органолептичними та пробіотичними властивостями пропонуємо використовувати у його технології 2,5% фруктози та 2,0% вівсяних висівок, а також заквашувальну культуру прямого внесення фірми Хр. Хансен — АВУ-3.

Література

- Григоров, Ю. Г. (2002). Состояние питания людей старших возрастов. *Журнал АМН Украины*, 8 (4), 703—715.
- Дідух, Г. В., Дідух, Н. А. (2006). Використання вторинної молочної сировини у виробництві молочних геропродуктів. *Молочное дело*, 1, 16—19.

Дмитровська, Г. П. (2016). Комплексний підхід до осучаснення асортименту геромолочної продукції. *Проблеми старения и долголетия*, 25 (2), 263—268.

Д'яконова, А., Нестеренко, В. В. (2014). Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва харчових продуктів геродієтичного призначення. *Харчова наука та технологія*, 8 (4), 3—8.

Касьянов, Г. И. Запорожский, А. А., Ковтун, Т. В. (2010). Реализация принципов пищевой комбинаторики и обоснование новых биотехнологических решений в технологии продуктов геродиетического питания. *Проблеми старения и долголетия*, 1, 99—111.

Кустов, І. О., Соц, С. М. (2015). Особливості технологічних властивостей та хімічного складу голозерного вівса сорту «Саломон». *Харчова наука і технологія*, 2 (31), 103—108.

Мацак, В. (2011). Пищевые волокна Just Fiber. *Продукты и ингредиенты*, 11, 62—63.

Полумбрик, М. О. (2008). Харчові продукти з низьким глікемічним індексом у дієтотерапії хворих на ожиріння. *Практикующому ендокринологу*, 5 (17), 15—19.

Романчук, І. О., Рудакова, Т. В., Моїсєєва, Л. О. (2017). Використання зернових добавок у виробництві молочних продуктів з комбінованим складом сировини. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 17 (3), 27—32.

Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. (2022). Використання ягід чорної смородини для виробництва порошкоподібних дієтичних добавок. *Наукові праці НУХТ*, 28 (1), 165—174.

Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. (2016). Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення. *Проблеми старения и долголетия*, 25 (2), 204—214.

Соц, С. М., Гулавський, В. Т., Кустов, І. О. (2016). Борошно та висівки — нові продукти із голозерного зерна. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 62 (2), 29—33.

Устинова, А. В. (2010). Колбасные изделия для геродиетического питания. *Пищевая промышленность*, 8, 24—25.

Assembayeva, E. K., Galstyan, A. G., Seidakhmetova, Z. Zh., Velyamov, T. M., Nurmukhanbetova, D. E. (2018). Investigation of technological parameters of production of sour-milk drink with prebiotic properties on the basis of camel milk. *Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6 (322), 5—11.

Shrestha, R., Awasthi, P., Tiwari, N. (2013). Oat flour incorporated cakes as functional food for growing children. *Pantnagar Journal of Research*, 11 (3), 449—452.

World population ageing 1950—2050. (2000). New York: United Nations.

EVALUATION OF THE QUALITY OF ALCOHOL-FREE WINE PRODUCED BY DISTILLATION

O. Uspalenko, M. Bilko

National University of Food Technologies

V. Kucherenko

Science Center "Ukrainian Wine Institute" NAAS Ukraine

Keywords:

Alcohol-free wines

Dealcoholization

Distillation

Organoleptic analysis

Descriptors

Article history:

Received 15.09.2022

Received in revised form

28.09.2022

Accepted 20.10.2022

Corresponding author:

M. Bilko

E-mail:

aromat@ukr.net

ABSTRACT

The influence of the dealcoholization process on the change of organoleptic characteristics, physico-chemical parameters, and substances of the aromatic complexity of alcoholic wines is investigated in the paper examines.

The organoleptic characteristics of alcohol-free wines based on samples from foreign producers were studied, and their features were established, which consist of a not intense aroma with tones of overcooking and excessive acidity.

White 'Riesling' and red 'Merlot' dry wines with an initial volume fraction of ethyl alcohol of 9.7% and 12.5% were used to study the influence of the dealcoholization process on the formation of quality indicators of alcohol-free wines. Dealcoholization of wines was carried out at a temperature of 100 °C and normal pressure. Generally accepted methods of analysis in winemaking were used to determine physico-chemical characteristics. Descriptive methods of sensory analysis were used for organoleptic characteristics (11 participants), and gas chromatography-mass spectrometry was used to determine the qualitative composition of substances in the aromatic complex. The analysis of wine samples made it possible to establish that dealcoholization leads to a partial loss of substances of the aromatic complex, the formation of boiled tones in the aroma of white wines, inharmonious tannins in red wines, and a feeling of excessive acidity. Distillation of wines allows to dealcoholize white wine completely. In red wine the remains of ethyl alcohol were determined. In addition, there is a concentration of extract substances — sugars and titrated acids, which explains the feeling of excessive acidity of wines.

The method of distillation under normal conditions and a temperature of 100 °C for the dealcoholization of wines can be used in alcohol-free wines, as it makes it possible to obtain samples with similar characteristics. However, when using the distillation method under normal conditions and temperature of 100 °C, it is necessary to select wine samples for dealcoholization with low acidity and intense aroma, considering its partial loss.

Prospects for further research may be aimed at improving the technology of alcohol-free wines to improve their organoleptic characteristics.

ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ВИНА, ВИГОТОВЛЕНОГО ШЛЯХОМ ДИСТИЛЯЦІЇ

О. В. Успенко, М. В. Білько

Національний університет харчових технологій

В. М. Кучеренко

Науковий центр «Український інститут вина» НААН України

У статті досліджено вплив процесу деалкоголізації на зміну органолептичних характеристик, фізико-хімічних показників і речовин ароматичного комплексу алкогольних вин.

Виробництво безалкогольних вин є актуальним напрямком сучасного виноробства, адже їх споживання стає однією із основних тенденцій, яка формує індустрію напоїв і має соціальну складову. Український ринок безалкогольних вин представлений лише зразками іноземних виробників, а виробництво вітчизняних безалкогольних вин стримується внаслідок недостатньої інформації в напрямку підбору технології деалкоголізації та впливу на їх якість.

Вивчено органолептичні характеристики безалкогольних вин на основі зразків іноземних виробників та встановлені їх особливості, які полягають у неінтенсивному ароматі з тонами увареності та надмірній кислотності.

Для дослідження впливу процесу деалкоголізації на формування показників якості безалкогольних вин використовували вина сухі сортові біле Рислінг та червоне Мерло з початковою об'ємною часткою етилового спирту 9,7% та 12,5%. Деалкоголізацію вин проводили за температури 100 °C та нормального тиску. Для визначення фізико-хімічних характеристик використовували загальноприйняті методи аналізу у виноробстві, для органолептичних характеристик — описовий і дескрипторний методи сенсорного аналізу (11 учасників), для визначення якісного складу речовин ароматичного комплексу — газову хромато-мас-спектрометрію.

Аналіз зразків вин дав змогу встановити, що деалкоголізація призводить до часткової втрати речовин ароматичного комплексу, формування уварених тонів в ароматі білих вин, негармонійної танінності у червоних і відчуття надмірної кислотності. Дистиляція вин дає змогу повністю деалкоголізувати біле вино, в червоних зразках було визначено залишки етилового спирту. Відбувається концентрування речовин екстракту — цукрів і титрованих кислот, що пояснює відчуття надмірної кислотності вин.

Метод дистиляції за нормальних умов та температури 100 °C для деалкоголізації вин може бути використаний у технології безалкогольних вин, оскільки надає можливість отримати зразки зі схожими характеристиками. У разі використання методу дистиляції за нормальних умов і температури 100 °C потрібно підбирати зразки вин для деалкоголізації з низькою кислотністю та інтенсивним ароматом з урахуванням його часткової втрати.

Перспективи подальших досліджень можуть бути направлені на удосконалення технології безалкогольних вин у напрямку покращення їх органолептичних характеристик.

Ключові слова: безалкогольні вина, деалкоголізація, дистиляція, органолептичний аналіз, дескриптори.

Постановка проблеми. Відповідно до ОІВ Міжнародного кодексу енологічної практики безалкогольне вино — це продукт, отриманий виключно з вина шляхом його деалкоголізації, що містить об'ємну частку етилового спирту не більше 0,5% (резолюція ОІВ-ЕКО 432-2012) (ОІВ, 2021).

Попит на безалкогольні вина з кожним роком значно зростає, що пов'язано з можливістю їх споживання категорією людей, яким протипоказано вживати алкоголь. Споживачі, усвідомлюючи ризики для здоров'я та соціальні вимоги, пов'язані з безпекою дорожнього руху, надають перевагу новим напоям виноградного походження та їхнім альтернативам з низьким вмістом алкоголю, що сприяло збільшенню виробництва та продажів безалкогольних вин. Разом з тим безалкогольні вина рекомендують пити людям з підвищеним тиском та зі зниженою секрецією шлунково-кишкового соку (Artero, Tarin, & Cano, 2015).

У торговельній мережі безалкогольні вина представлені іноземними виробниками. Розробка технології вітчизняних безалкогольних вин на основі вибору способу деалкоголізації є одним із актуальних завдань вітчизняного виноробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глобальний ринок безалкогольних вин становить понад 10 млрд дол. США, і, за оцінками, все ще зростатиме зі значним сукупним середньорічним темпом росту понад 7% між 2019 і 2027 роками, досягнувши частки прибутку понад 30 млрд дол. США (Саркісян, & Лігаченко, 2020).

Перші згадки про виробництва безалкогольних вин припадають на 1869 р., коли американець Томас Бремвелл Велчу, будучи прихильником руху за помірність вживання алкоголю, виготовив цей продукт методом пастеризації (Sawler та ін., 2013). Пізніше у 1908 р. німецький вчений Карл Юнг запатентував технологію безалкогольного вина, застосовувавши вакуум для зниження температури дистиляції до 35 °С (Горностай, 2011).

Деалкоголізації вина можна досягнути декількома методами. Ці методи можна класифікувати за трьома групами, які засновані на принципі або механізмі зменшення та видалення етанолу на різних стадіях виробництва вина, включаючи зменшення зброджуваних цукрів (стадія попередньої ферментації), зменшення або обмеження виробництва етанолу (стадія ферментації) та видалення етанолу шляхом мембранної сепарації або термічної обробки (стадія постферментації) (Athes, Diban, Bes, & Souchon, 2007).

У літературних джерелах зустрічаються дослідження різних способів зниження вмісту алкоголю у винах. Найпростіший з них — розведення суслу водою або додавання до суслу соку з нестиглого винограду, яке має назву «зелене сусло». В таких країнах, як Південна Африка, Нова Зеландія, Австралія та США (за винятком Каліфорнії), вода дозволена лише як допоміжний засіб при підготовці стабілізуючих матеріалів для обробки виноматеріалів, а застосування «зеленого суслу» призводить до негативних змін у сенсорній якості вин (Kroiruddin, Mangindaan, & Wenten, 2018).

Для зменшення зброджуваних цукрів суслу використовують фільтрацію соку за допомогою мембран нанофільтрації, ультрафільтрації або зворотного осмосу, які мають дуже малий розмір пор і можуть утримувати цукор. Ці методи впливають на зниження вмісту поліфенолів, антоціанів та інтенсивності кольору, а отже, можуть вплинути на сенсорні властивості вина (Blackman та ін., 2017).

Ще один спосіб зниження алкоголю у вині — використання глюкозооксидази, через яку відбувається зниження глюкози у виноградному соку до бродіння (Ebert та ін., 2016). Продуцентом ферменту є гриб *Aspergillus niger*. Глюкозооксидаза перетворює β -D-глюкозу на D-глюконолактон на першому етапі реакції, вивільняючи перекис водню, і каталізує перетворення D-глюконолактону на глюконову кислоту на другому етапі реакції. Ці реакції спричиняють окислення глюкози у суслі, що, відповідно, призводить до зниження рівня алкоголю у вині (Jiang та ін., 2021). Підвищений вміст глюконової кислоти надає вину надмірної кислотності та негативно впливає на прояв фруктового аромату (Carraro та ін., 2014; Jiang та ін., 2021).

Використання дріжджів роду *Metschnikowia* або модифікованих штамів дріжджів із низькою здатністю продукувати спирт призводить до зниження вмісту алкоголю шляхом синтезу більшого вмісту вторинних продуктів бродіння. Цей спосіб дає змогу тільки частково знизити рівень етилового спирту у вині (Suo та ін., 2019).

Гідрофобні адсорбенти, такі як цеоліти, також можуть сорбувати етанол з вина шляхом його поглинання та фільтрації. Цим методом можна виготовляти безалкогольні вина з вмістом етанолу до 0,5 % об. (Akyerenko та ін., 2021). Але екстракційні методи зниження алкоголю є дорогими і рідко використовуються у виробництві слабоалкогольних і безалкогольних вин.

До сучасних методів деалкоголізації вин відносяться вакуумна та осмотична дистиляція, нанофільтрація та зворотній осмос (Cachon та ін., 2006; Schelezki, Deloire, & Jeffery, 2020). Ці техніки мінімізують втрату важливих летких ароматичних сполук.

Метою дослідження є визначення основних органолептичних характеристик безалкогольних вин іноземних виробників і дослідження впливу технологічного прийому дистиляції на органолептичні характеристики безалкогольних вин.

Для реалізації мети потрібно вирішити такі завдання:

- 1) дослідити фізико-хімічні показники й органолептичні характеристики безалкогольних вин іноземних виробників шляхом сенсорного аналізу;
- 2) провести деалкоголізацію білого та червоного вин шляхом дистиляції та порівняти фізико-хімічні й органолептичні показники безалкогольних вин з їх початковими зразками;
- 3) дослідити вплив деалкоголізації на зміну якісного складу речовин ароматичного комплексу в безалкогольних винах.

Матеріали і методи. Матеріалами досліджень були:

- білі і червоні безалкогольні вина італійських і німецьких виробників з об'ємною часткою спирту до 0,5%;
- білі та червоні виноматеріали українських виробників, виготовлені за загальноприйнятими технологіями у виноробстві із винограду сортів Рислінг та Мерло з об'ємною часткою спирту 9,7 та 12,5% відповідно.

Деалкоголізацію здійснювали шляхом дистиляції вин за температури 100 °C та нормального тиску. Із 3,00 дм³ вина було отримано 0,75 дм³ дистиляту та 2,25 дм³ деалкоголізованого вина. Фізико-хімічні показники зразків визначали за допомогою газового хромато-мас-спектрометра Aligent 7890/5975. У зразках до-

сліджували об'ємну частку спирту, масову концентрацію цукрів, органічних і летких кислот, вміст альдегідів, складних естерів та вищих спиртів.

У сенсорному аналізі алкогольних і безалкогольних зразків вин були задіяні 11 учасників. Для створення ароматичних профілів виноматеріалів застосували описовий метод. Шкала оцінювання від 0 до 5 за такими дескрипторами:

- біле вино — тон увареності, мускатно-цитрусовий, інтенсивність аромату, кислотність, повнота смаку, солом'яний і бурий відтінок кольору;

червоне вино — червоні ягоди, інтенсивність аромату, кислотність, танінність, повнота смаку, червоний та цегляний відтінок кольору.

Викладення основних результатів дослідження. Результати дегустаційного аналізу зразків безалкогольного вина іноземних виробників дав змогу встановити їхні органолептичні характеристики (табл. 1).

Таблиця 1. Органолептична характеристика зразків безалкогольного вина іноземних виробників

Назва	Країна виробник	Характеристика
Біле купажне сухе	Італія	Колір: солом'яний із зеленим відтінком. Аромат: не інтенсивний, винний із нотами сушеного яблука та увареності. Смак: приємний, простий, рідкуватий з коротким п'ясясмаком.
Червоне купажне сухе	Італія	Колір: рубіново-гранатовий. Аромат: приємний, з тонами сухофруктів, паприки та томатів. Смак: простий з різкою кислотністю, не вистачає повноти, не збалансована танінність.
Біле сухе Рислінг	Німеччина	Колір: солом'яний із зеленим відтінком. Аромат: сортовий, тони увареності та легкої кислотності. Смак: приємний, відчувається винна основа, притаманна використаному сорту.
Червоне сухе сортове Мерло	Німеччина	Колір: червоний з гранатовим відтінком. Аромат: свіжий, приємний, винний з тонами чорних ягід та томату, танінний, з тонами деревини. Смак: танінний, негармонійний.

Взірці мали колір відповідного типу вина, винний, неінтенсивний аромат з'явлених фруктів з тонами увареності. В деяких зразках у смаку відмічали підвищену негармонійну кислотність, а в червоних зразках — ще й незбалансовану танінність.

Порівняльна характеристика деалкоголізованого вина, виготовленого методом дистиляції, з початковими зразками алкогольних вин дала змогу встановити, що цей метод змінює сенсорні характеристики вин (рис. 1, 2).

Так, значно знижується інтенсивність аромату та з'являються відчуття надмірної кислотності. На фоні появи бурих відтінків у білих винах солом'яний колір сприймається не так інтенсивно. Колір червоних зразків не втрачав своєї інтенсивності, хоча після перегонки з'являлись цеглинні відтінки. Аромат білих вин дослідних зразків характеризувався тонами увареності, в червоних винах відмічали негармонійну танінність.

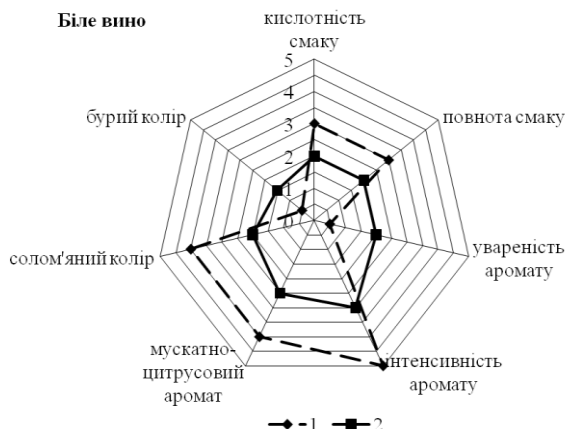


Рис.1. Профілограма білих вин: 1 — алкогольне вино (контроль), 2 — деалкоголізоване вино

Червоне вино

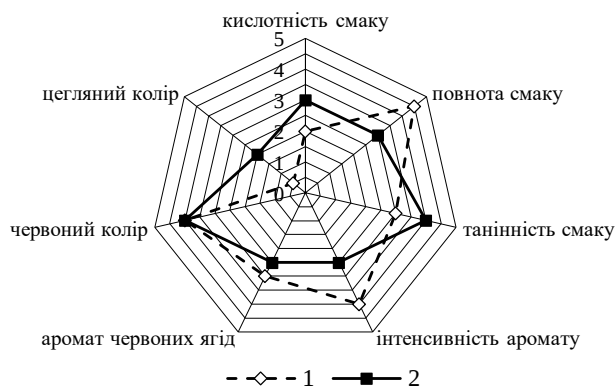


Рис. 2. Профілограма червоних вин: 1 — алкогольне вино (контроль), 2 — деалкоголізоване вино

Органолептичні характеристики отриманих деалкоголізованих вин схожі з описом безалкогольних вин іноземних виробників, окрім відтінків кольорів, які можна виправити за допомогою сучасних матеріалів стабілізуючої дії.

Процес деалкоголізації впливає на фізико-хімічні показники вин по-різному і залежить від початкового вмісту алкоголю. Дистиляція вин повністю деалкоголізує біле вино, в червоних зразках було визначено залишки етилового спирту, на що вказував аналіз фізико-хімічних показників і хімічного складу вина (табл. 2).

Було відмічено збільшення рівня титрованих кислот в обох зразках вин: на 58% у білому вині, на 29% — у червоному, що можна пояснити частковим видаленням води під час дистиляції, тобто концентруванням вина. Цим же поясню-

ється збільшення вмісту цукрів у зразках на 16...24%, однак вина лишаються в межах сухої групи. Вміст летких кислот несуттєво зменшився в процесі деалкоголізації вин. Отримані результати пояснюються леткістю оцтової кислоти, яка видаляється під час процесу.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники білих і червоних деалкоголізованих вин

Назва зразка вина	Об'ємна частка спирту, %	Масова концентрація, г/дм ³		
		цукрів	титрованих кислот	летких кислот
Біле алкогольне (контроль)	9,7±0,5	1,24±0,1	3,9±0,2	0,60±0,03
Біле деалкоголізоване	0,0	1,44±0,07	6,2±0,3	0,54±0,03
Червоне алкогольне (контроль)	12,5±0,6	1,94±0,1	4,5±0,2	0,54±0,03
Червоне сухе деалкоголізоване	3,4±0,2	2,41±0,1	5,8±0,3	0,55±0,03

Представляє науковий інтерес дослідження зміни якісного складу ароматичного комплексу вин у результаті деалкоголізації (табл. 3).

Таблиця 3. Зміна речовин ароматичного комплексу в деалкоголізованих винах, мг/дм³

Назва речовини	Біле вино		Червоне вино	
	1	2	1	2
<i>Альдегіди:</i>				
Ацетальдегід	102,0±5,0	187,0±9,3	93,5±4,7	103,0±5,1
Фурфурол	19,1±0,9	520±26,0	63±3,1	152±7,6
<i>Складні естери:</i>				
Ізоамілацетат	15±0,7	0	2±0,1	0
Етилацетат	227±11,3	0	913±45,6	538±27,0
<i>Вищі спирти:</i>				
Ізоаміловий спирт	1966±98,0	206±10,3	3256±163,0	762±38,1
Ізобутиловий спирт	586±29,0	485±24,2	785±39,2	205±10,2

Згідно з даними результатів хромато-мас-спектрометричного аналізу (табл. 3) загальний вміст речовин ароматичного комплексу знижується у 2,0...2,8 рази. Одночас було відмічено збільшення вмісту ацетальдегіду на 10...83%, який надає вину різкого запаху фурфуролу, який має відтінки смаженого житнього хліба. Вміст оцтової кислоти, яка характеризується неприємними відтінками оцту, не зазнав відчутних змін.

Ізоаміловий спирт та етилацетат — речовини з різким неприємним запахом, суттєво втрачалися під час деалкоголізації — у 4,3...9,5; 1,2...3,8; 1,7 рази відповідно. Етилацетат у білому деалкоголізованому вині взагалі не було виявлено. Також у дослідних зразках була відсутньою речовина з приємним ароматом дюшесу — ізоамілацетат, а вміст β-фенілетилового спирту, що характеризується ароматом троянди, знизився у 1,4...2,9 рази. Такі зміни пояснюють зниження інтенсивності аромату безалкогольних зразків вин.

Висновки

Отже, виробництво безалкогольних вин є актуальним напрямком сучасного виноробства, адже їх споживання стає однією з основних тенденцій, яка формує індустрію напоїв і має соціальну складову. Український ринок безалкогольних вин представлений лише зразками іноземних виробників, а виробництво вітчизняних безалкогольних вин стримується внаслідок недостатньої інформації в напрямку підбору технології деалкоголізації та впливу на їх якість.

На основі органолептичного аналізу зразків безалкогольних вин іноземних виробників було встановлено їх основні органолептичні характеристики — простий кислотний смак, неінтенсивний аромат з тонами увареності. Метод дистиляції за нормальних умов і температури 100 °С для деалкоголізації вин може бути використаний у технології безалкогольних вин, оскільки надає можливість отримати зразки зі схожими характеристиками. У разі використання методу дистиляції за нормальних умов і температури 100 °С потрібно підбирати зразки вин для деалкоголізації з низькою кислотністю та інтенсивним ароматом з урахуванням його часткової втрати.

Перспективи подальших досліджень передбачають удосконалення технології безалкогольних вин метою покращення їх органолептичних характеристик.

Література

- Akyereko, Y. G., Wireko-manu, F. D., Alemawor, F., Adzanyo, M., Patarata, L. (2021). Effects of Production Methods on Flavour Characteristics of Nonalcoholic Wine. *Journal of Food Quality*, 2021, 1—10. <http://doi.org/https://dx.doi.org/10.1155/2021/3014793>.
- Artero, A., Tarín, J. J., Cano, A. (2015). The Impact of Moderate Wine Consumption on Health. *Maturitas*, 80, 3—13. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.09.007>.
- Athes, V., Diban, N., Bes, M., Souchon, I. (2007). Ethanol and aroma compounds transfer study for partial dealcoholization of wine using membrane contactor. *Journal of Membrane Science*, 311, 136—146. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.12.004>.
- Blackman, J. W., Longo, R., Rogiers, S. Y., Schmidtke, L. M., Torley, P. J. (2017). Changes in volatile composition and sensory attributes of wines during alcohol content reduction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 8—16. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7757>.
- Cachon, R., Dequin, S., Heux, S., Sablayrolles, J. M. (2006). Engineering a *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast that exhibits reduced ethanol production during fermentation under controlled microoxygenation conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 5822—5828. <https://doi.org/10.1128/AEM.00750-06>.
- Carraro, A., Di, Renzo, Valente, R., Iacopino, L., Colica, C., De, Lorenzo, A. (2014). Intake of Red Wine in Different Meals Modulates Oxidized LDL Level, Oxidative and Inflammatory Gene Expression in Healthy People: A Randomized Crossover Trial. *Oxidative Med. Cell. Longev*, 1—9. <https://doi.org/10.1155/2014/681318>.
- Ebert, K., Grossmann, M., Pasch, L., Röcker, J., Schmitt, M. (2016). The use of glucose oxidase and catalase for the enzymatic reduction of the potential ethanol content in wine. *Food Chemistry*, 210, 660—670. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.093>.
- Jiang, Y.-M., Ma, T., Salifu, R., Sam, F. E., Wang, J., Zhang, B. (2021). Techniques for dealcoholization of wines: Their impact on wine phenolic composition, volatile composition, and sensory characteristics. *Foods MDPI*, 10, 2498. <https://doi.org/10.3390/foods10102498>.
- Khoiruddin, K., Mangindaan, D., Wenten, I. G. (2018). Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future. *Trends in Food Science and Technology*, 71, 36—45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>.

OIV. (2021). International Standard for the Labelling of Wines, 2022nd ed. *OIV Publications: Paris, France*. Взято з <https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/products-definition-and-labelling/international-standard-for-labelling-wines/>.

Sawler, J., Reisch, B., Mallikarjuna, K., Prins, B., Zhong, GY., Schwaninger, H. (2013). Genomics Assisted Ancestry Deconvolution in Grape. *PLoS One*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080791>.

Schelezki, O. J., Deloire, A., Jeffery, D. W. (2020). Substitution or dilution? Assessing prefermentative water implementation to produce lower alcohol Shiraz wines. *Molecules*, 25, 2245. <https://doi.org/10.3390/molecules25092245>.

Suo, H., Tian, R., Li, J., Zhang, S., Cui, Y., Li, L., Sun, B. (2019). Compositional Characterization Study on High-Molecular — Mass Polymeric Polyphenols in Red Wines by Chemical Degradation. *Food Research International*, 123, 440—449. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.056>.

Горностай, П. (2011). Юнг Карл Густав. *Політична енциклопедія*. Київ: Парламентське видавництво.

Саркасян, А., Ліганенко, М. (2020). Аналіз інноваційного середовища розвитку виноробних підприємств як інфраструктурної складової винних маршрутів. *Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій*, 2 (6), 55—65. <https://doi.org/10.32750/2020-0205>.

EXPRESS ANALYSIS OF COW MILK CASEINS**V. Yukalo, O. Krupa, L. Storozh***Ternopil Ivan Puluj National Technical University***Key words:***Casein fractions
Express analysis
Electrophoresis
Identification***Article history:***Received 12.09.2022
Received in revised form
26.09.2022
Accepted 18.10.2022***Corresponding author:***L. Storozh
E-mail:
lstorozh@gmail.com***ABSTRACT**

Proteins of the casein complex are characterized by a high degree of heterogeneity (4 main fractions and more than a dozen minor ones). In recent years, the identifying of individual casein fractions has been very important during the composition analyzing of dairy protein products. This is due to the discovery of a large number of biologically active peptides which can be formed during proteolysis of caseins. Moreover, a certain fractional specificity of bioactive peptides is inherent for caseins. In addition, controlling of the casein fractional composition is important for production of dairy products, casein concentrates, substitutes for breast milk, as well as for establishing of the naturalness of dairy products.

In order to create an electrophoretic express system for the analysis of casein fractions, the analytical electrophoretic system of a homogeneous polyacrylamide gel (PAG) in the presence of urea and β -mercaptoethanol was used as a basis, as well as a previously proposed system which allowed the identification of only α_{S1} - and β -caseins. Homogeneous casein fractions with a high degree of purification were selected (α_{S1} -casein — 92%, β -casein — 95% and κ -casein — 94%) due to establish the location of casein fractions on the electrophoregrams. A differential precipitation, ion exchange chromatography on DEAE-cellulose and gel filtration on Sephadex G-150 were used for this casein fractions selection.

As a result, an accessible electrophoretic express system was created for casein fractions analysis with using the plate of homogeneous PAG in the presence of urea and β -mercaptoethanol. This system allows reliable identification of α_{S1} - and β -caseins as well as a group of α_{S2} -caseins. The group of κ -caseins, due to the different content of oligosaccharides, does not form separate bands on the electrophoregram. The duration of electrophoresis is 55—65 minutes. With intensive diffuse washing of the gels, the main fractions of caseins can be identified in 45 minutes after staining. The electrophoretic express system is available and can be useful for batch analyses of casein and dairy protein products under industrial conditions.

ЕКСПРЕС-АНАЛІЗ КАЗЕЇНІВ КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

В.Г. Юкало, О.М. Крупа, Л.А. Сторож

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Білки казеїнового комплексу характеризуються високим ступенем гетерогенності (4 основні фракції і більше десятка мінорних). В останні роки при аналізі складу білкових молочних продуктів важливим є питання ідентифікації окремих фракцій казеїну. Це пов'язано з відкриттям великої кількості біологічно активних пептидів, які можуть утворюватися в результаті протеолізу казеїнів. При чому для казеїнів характерна певна фракційна специфічність біоактивних пептидів. Також контроль фракційного складу казеїну є важливим при виробництві молочних продуктів, казеїну, замінників жіночого молока, при встановленні натуральності молочних продуктів.

Для створення електрофоретичної експрес-системи аналізу казеїнових фракцій за основу були взяті аналітична електрофоретична система однорідного поліакриамідного гелю (ПАГ) в присутності сечовини і β -меркаптоетанолу, також раніше запропонована система, яка ідентифікувала лише α_{S1} - і β -казеїни. Також для встановлення розміщення казеїнових фракцій на електрофореграмі було виділено гомогенні казеїнові фракції з високим ступенем очищення (α_{S1} -казеїн — 92%, β -казеїн — 95% і κ -казеїн — 94%). Для цього використовували диференційне осадження, іонообмінну хроматографію на ДЕАЕ-целюлозі і гел'фільтрацію на сефадексі G-150.

У результаті була запропонована доступна електрофоретична експрес-система для аналізу казеїну в пластинках однорідного ПАГ в присутності сечовини і β -меркаптоетанолу. Ця система дає змогу надійно ідентифікувати α_{S1} - і β -казеїни, групу α_{S2} -казеїнів. Група κ -казеїнів за рахунок різного вмісту олігосахаридів не утворює на електрофореграмі окремих смуг. Тривалість електрофорезу становить 55—65 хв. При інтенсивному дифузному відмиванні гелів основні фракції казеїнів уже можна ідентифікувати через 45 хв після проведення забарвлення. Електрофоретична експрес-система доступна і може бути корисною для серійних аналізів казеїну і молочних білкових продуктів в умовах виробництва.

Ключові слова: казеїнові фракції, експрес-аналіз, електрофорез, ідентифікація.

Постановка проблеми. Протеїни казеїнового комплексу молока становлять близько 80% від усіх протеїнів молока. Вони є основним джерелом амінокислот, в тому числі незамінних. Також натеper досконало вивчено протеоміку казеїну коров'ячого молока, встановлено первинну структуру всіх його фракцій, розміщення фосфосеринових і олігосахаридних груп (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015). Ці дані мали переважно теоретичне значення до відкриття у складі первинної структури казеїнів численних біоактивних пептидів (БАП), які можуть звільнятися за дії протеолітичних ферментів під час травлення казеїнів у шлунково-кишковому тракті або в процесі виробництва молочних продуктів

(Юкало, 2021). Ці пептиди позитивно впливають на різні фізіологічні системи організму і знаходять щоразу ширше застосування як функціональні інгредієнти при виробництві молочних продуктів. Казеїнові фракції характеризуються певною специфічністю як джерело БАП. Тому важливим завданням є отримання казеїнових фракцій, а також розроблення доступного методу їх ідентифікації на різних етапах виділення й очищення. Існуючі методи є або дуже довготривалими для аналізу великої кількості зрізів, або не забезпечують ідентифікацію всіх казеїнових фракцій. Тому розроблення ефективного і доступного експрес-методу для ідентифікації казеїнових фракцій є актуальним. Такий метод може бути корисним при з'ясуванні натуральності молочних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні десятиліття відкрито сотні біоактивних пептидів з усіх фракцій казеїнового комплексу. Такі пептиди позитивно впливають на серцево-судинну, нервову, травну та імунну системи організму. Встановлено певну специфіку біологічної дії пептидів з окремих казеїнових фракцій (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл біоактивних пептидів серед казеїнових фракцій за характером біологічної дії (Юкало, 2021)

Вид біологічної дії	Казеїнові фракції			
	α_{S1} -CN B-8P	α_{S2} -CN A-11P	β -CN A ² -5P	κ -CN A-1P
Агоністи опіатних рецепторів	3	—	8	—
Антагоністи опіатних рецепторів	1	—	1	6
Інгібітор АПЕ	28	17	54	6
Імуномодуляторна дія	6	1	9	4
Мінералзв'язувальна дія	11	13	12	1
Антитромботична дія	—	—	1	6
Антидіабетична дія	1	2	9	—
Антимікробна дія	4	10	4	4
Антиканцерогенна дія	2	—	2	—
Антиоксидантна дія	5	—	—	—
Регуляція виділення травних соків	—	—	—	2
Антиконвульсант	1	—	—	—

Значна частина цих пептидів уже використовується в складі функціональних харчових продуктів (Phelan, Aherne, FitzGerald, & O'Brien, 2009). Окремі групи казеїнових БАП отримують у результаті протеолізу загального казеїну молока (антигіпертензивні пептиди, фосфопептиди) (Nongonierma, O'Keeffe, & FitzGerald, 2016). Проте подальший прогрес у питанні казеїнових БАП пов'язаний з виділенням та ідентифікацією індивідуальних очищених фракцій.

Сучасні методи протеоміки молока і, зокрема, білків казеїнового комплексу (двовимірний електрофорез, високоефективна рідинна хроматографія, мас-спектрометрія) є занадто дорогими і складними для аналізу численних зрізів в умовах виробництва. У зв'язку з цим більш привабливими є значно дешевші і доступніші методи електрофорезу в поліакриламідному гелі (ПАГ) (Sharma та ін., 2017). Серед них для аналізу казеїнів використовувались різні варіанти електрофорезу: нативний диск-електрофорез, електрофорез в присутності додецилсульфату натрію або сечовини, електрофорез у градієнтному гелі. Найкращі резуль-

тати було отримано в аналітичній анодній системі ПАГ в присутності сечовини (Юкало, 2007). Проте ця методика вимагає великих затрат часу. Експрес-варіант цієї методики дав змогу надійно ідентифікувати лише основні α_{S1} - і β -казеїнові фракції (Iukalo, 2015).

Мета дослідження: розробка експрес-електрофоретичної системи для ідентифікації казеїнових фракцій коров'ячого молока.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували загальний казеїн, який виділяли подвійним ізоелектричним осадженням із знежиреного молока, отриманого з ПрАТ «Тернопільський молокозавод».

Концентрацію загального казеїну і його очищених фракцій визначали спектрофотометрично в ультрафіолетовій області спектру при довжині хвилі 280 нм. Для обчислення концентрацій казеїнів у взірцях використовували такі коефіцієнти поглинання ($D_{1\%}^{1\text{cm}}$): 8,2 — для загального казеїну; 10,0 — для суміші α_{S0} - і α_{S1} -казеїнів; 4,6 — для β -казеїну; 9,6 — для суміші κ -казеїнів (Fartell та ін., 2004).

Аналітичний електрофорез у пластинках поліакриламідного гелю для встановлення складу препарату загального казеїну, а також контроль гомогенності казеїнових фракцій проводили за методом, описаним раніше (Юкало, 2007). Фіксування і фарбування пластинок ПАГ після проведення електрофорезу проводили загальноприйнятими методами. Для побудови денситограм з отриманих електрофореграм використовували функцію зчитування графічних зображень *imread*, як було описано в праці (Юкало, 2007).

Гель-фільтрацію на сефадексі G-100 fine фірми «Pharmacia» (Швеція) проводили на колонках з набору для рідинної хроматографії «Reanal» (Угорщина). Концентрацію білків у хроматографічних фракціях визначали спектрофотометрично.

Для іонообмінної хроматографії казеїнових фракцій використовували ДЕАЕ-целюлозу ДЕ-52 фірми «Serva». При цьому створювали градієнт концентрацій NaCl від 0,0 до 0,27 М.

Для приготування ПАГ і буферних розчинів для електрофорезу, гель-фільтрації та іонообмінної хроматографії були використані реактиви фірми «Reanal» (Угорщина) та «Sigma» (США), а також реактиви вітчизняного виробництва марки «хч» і «осч».

Результати і обговорення. При створенні експрес-електрофоретичної методики для ідентифікації білкових фракцій важливим питанням є точне визначення їх розміщення на електрофореграмі. Для цього потрібні високоочищені індивідуальні фракції казеїну. Проведений у нашій лабораторії аналіз індивідуальних фракцій молочних білків, які пропонують різні фірми біохімічних реактивів, а також літературні дані свідчать, що вони не є електрофоретично гомогенні (Майка та ін., 2013). Тому на першому етапі наша робота була направлена на виділення таких фракцій.

Високоочищені фракції β - і α_{S1} -казеїнів отримували комбінацією диференційного осадження в присутності сечовини та іонообмінної хроматографії на ДЕАЕ-целюлозі. Хід диференційного осадження і виділення β - і α_{S1} -казеїнів показані на схемі (рис. 1).

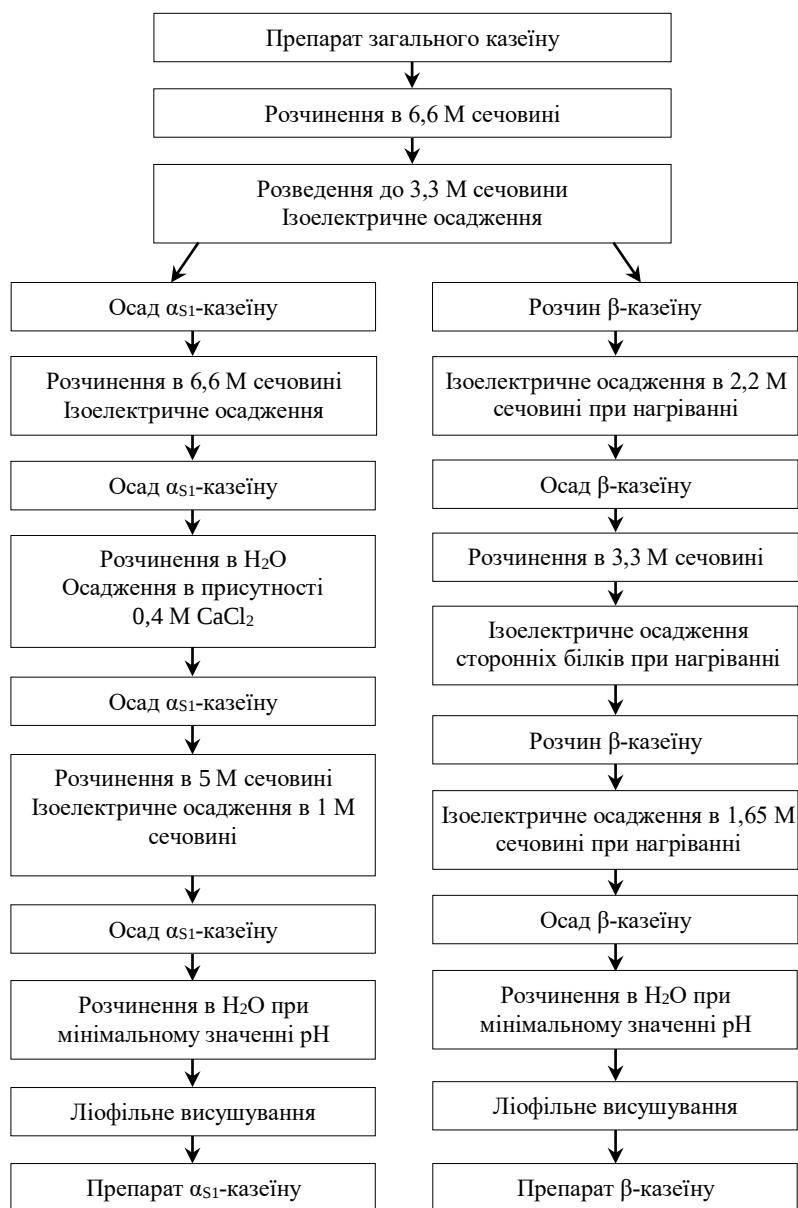


Рис. 1. Схема виділення препаратів β- і α_{S1}-казеїнів

Отримані ліофілізовані препарати α_{S1}- і β-казеїнів характеризували на гомогенність аналітичним електрофорезом. Денситограма електрофореграми α_{S1}-казеїну (рис. 2, графік 1) свідчить про присутність у препараті домішок усіх фракцій α_{S2}-казеїнів. Їх кількість становить близько (14±2)% від загальної кількості білків препарату, також присутні сліди α_{S0}-казеїну, який характеризується вищою електрофоретичною рухливістю в цій електрофоретичній системі. На денситограмі електрофореграми β-казеїну помітні фракції κ-казеїну, а також фрак-

цій α_{S2} -казеїнів з меншим вмістом фосфосеринових груп (рис. 2, графік 2). Вміст білкових домішок у препараті становить $(12 \pm 2)\%$.

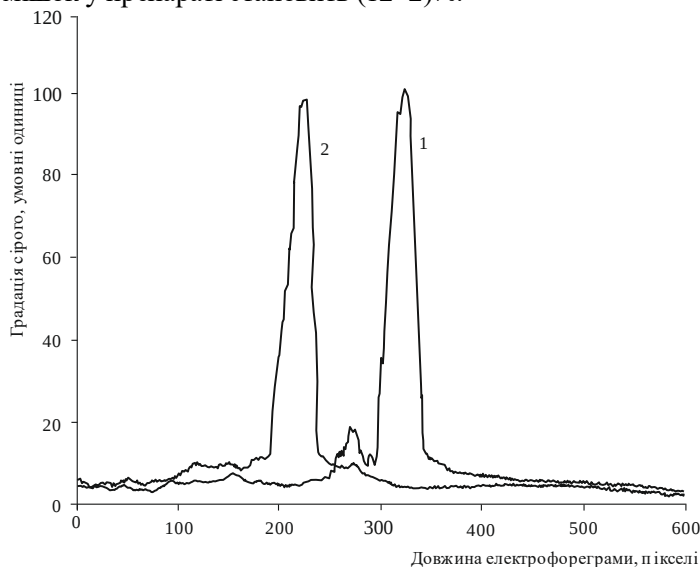


Рис. 2. Денситограма препаратів α_{S1} -казеїну (1) і β -казеїну (2), виділених диференційним осадженням в присутності різних концентрацій сечовини

Подальше очищення препаратів α_{S1} - і β -казеїнів проводили з допомогою іонообмінної хроматографії (ІОХ) на колонках з ДЕАЕ-целюлозою. За літературними даними ІОХ на аніонообмінниках в присутності сечовини є ефективним методом розділення і, відповідно, очищення казеїнових фракцій (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015). Для обох препаратів використовували однакові умови ІОХ, а саме хроматографічний буфер (рН 7,0), що включав 0,01 М гістидин і 3,3 М сечовину, а також градієнт концентрацій NaCl (0,0—0,27 М).

Об'єднані фракції кожного препарату об'єднували, діалізували, висушували ліофільно й аналізували на гомогенність аналітичним електрофорезом у присутності сечовини. Денситограми препаратів β - і α_{S1} -казеїнів після очищення іонообмінною хроматографією показані на рис. 3.

Розрахунок на основі денситограм показує, що препарат α_{S1} -казеїну містить $(7 \pm 1)\%$, а β -казеїн $(4 \pm 1)\%$ інших білків. Також для ідентифікації казеїнових фракцій було виділено очищений препарат κ -казеїну. Для цього було використано з деякими модифікаціями метод повторної гель-фільтрації на сефадексі G-150, запропонований раніше (Юкало, 2007).

Електрофоретичний аналіз отриманого препарату κ -казеїну показав високий ступінь його гомогенності. Вміст інших фракцій казеїнового комплексу (переважно це α_{S1} -казеїни і фрагменти β -казеїну) становить $(5 \pm 1)\%$.

Отримані препарати α_{S1} -, β - і κ -казеїнів мають достатньо високий ступінь гомогенності і вони були використані для ідентифікації казеїнових фракцій при розробці експрес-електрофоретичної системи.

За основу для розробки електрофоретичної експрес-системи була взята раніше описана аналітична система електрофорезу в ПАГ у присутності сечовини

і β -меркаптоетанолу, а також експрес-система без β -меркаптоетанолу (Юкало, 2007; Iukalo, 2015). Аналітична система дає змогу ідентифікувати всі відомі фракції білків казеїнового комплексу, включаючи також фрагменти β -казеїну, які ще називають γ -казеїнами.

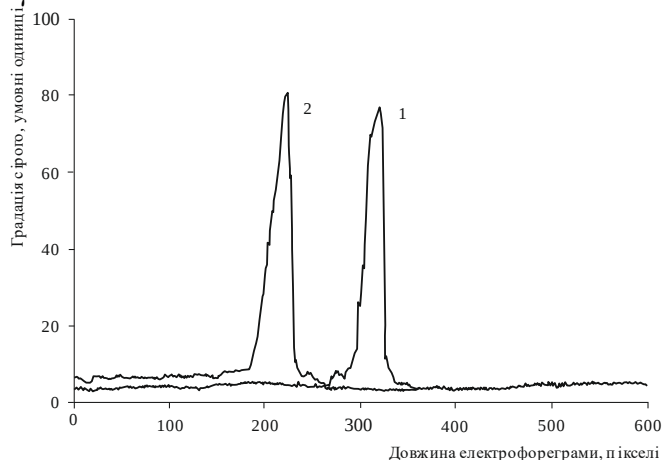


Рис. 3. Денситограми препаратів α_{S1} -казеїну (1) і β -казеїну (2) після очищення на ДЕАЕ-целюлозі

Основним недоліком цієї системи є висока тривалість аналізу, відносно великі розміри пластинок ПАГ і тому значний розхід реактивів. В умовах виробництва важливо провести швидку ідентифікацію білкових фракцій. Експрес-система дає змогу швидко (до 4 год) отримати результати аналізу фракційного складу казеїну. Проте надійно ідентифікувати можна лише основні α_{S1} - β -казеїнові фракції. Причому в цій системі α_{S1} -казеїн має подібну електрофоретичну рухливість до одного з генетичних варіантів β -лактоглобуліну сироватки молока. Дві інші важливі гетерогенні групи казеїнів α_{S2} - і κ -казеїни не розділяються в системі та представлені на електрофореграмах суцільними смугами. Очевидно, це пов'язано з відсутністю у складі гелю β -меркаптоетанолу. Відомо, що α_{S2} - і κ -казеїни містять залишки цистеїну у своїй первинній структурі та здатні утворювати міжмолекулярні дисульфідні зв'язки. Це призводить до утворення агрегатів й ускладнює їх ідентифікацію на електрофореграмах.

Зважаючи на викладене вище, пропонується експрес-система, в якій ПАГ має концентрацію 3,3% для пришвидшення електрофорезу, містить β -меркаптоетанол і має дещо зменшене значення рН — 8,1. Зменшення рН може запобігти дефосфорилюванню фосфосеринових залишків казеїнів. Тривалість самого електрофорезу в такій системі збільшено до 55—65 хв. Для досягнення ефекту концентрування буфер для взірців залишаємо низької концентрації, як в аналітичній системі.

Для ідентифікації окремих фракцій під час експрес-електрофорезу паралельно із загальним казеїном аналізували індивідуальні очищені фракції α_{S1} -, β - і κ -казеїнів. Результати показані на денситограмі (рис. 4).

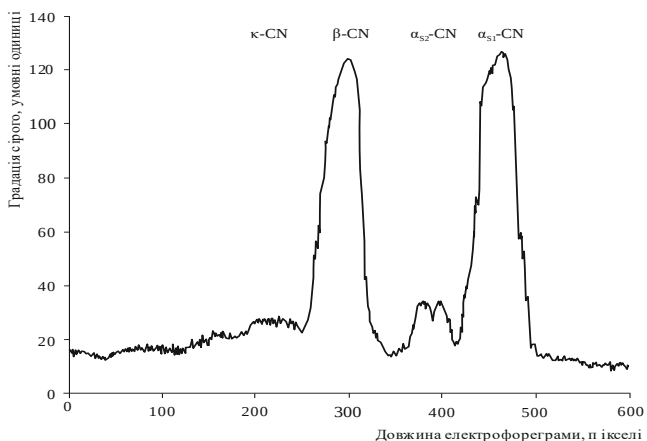


Рис. 4. Денситограма загального казеїну, отримана в експрес-електрофоретичній системі в присутності β -меркаптоетанолу

Отримані результати свідчать, що запропонована експрес-система дає змогу надійно ідентифікувати α_{S1} -, α_{S2} - і β -казеїни. κ -казеїни не утворюють чітких смуг. Це пов'язано з тим, що їх гетерогенність визначається не лише за рахунок утворення дисульфідних зв'язків, а в основному кількістю і складом олігосахаридних груп (Sharma та ін., 2021). В аналітичному варіанті електрофорезу ця фракція теж представлена великою кількістю смуг. Отже, запропонована експрес-електрофоретична система поєднує переваги аналітичної системи і при цьому дає змогу швидко ідентифікувати основні фракції казеїнового комплексу молока. Запропонована система електрофорезу може бути корисна при виробництві білкових молочних продуктів, казеїну, казеїнатів. Оскільки в цих продуктах також можуть бути білки сироватки молока, то в подальшому було б важливо встановити їх розміщення на електрофореграмах цієї експрес-системи.

Висновки

1. Запропонована електрофоретична експрес-система в однорідному поліакриламідному гелі, яка дає змогу ідентифікувати дві основні фракції казеїнів — α_{S1} - і β -казеїни, а також групу α_{S2} -казеїнів у молочних білкових системах. Тривалість самого аналізу становить 55—65 хв. При інтенсивному дифузному відмиванні гелів вже через 45 хв можна ідентифікувати основні казеїнові фракції.

2. Розміщення основних казеїнових фракцій на електрофореграмах було підтверджено використанням спеціально виділених електрофоретично гомогенних казеїнів: α_{S1} -, β - і κ -казеїнів. Ступінь очищення їх становить більше 92% для α_{S1} -казеїну, 95% для β -казеїну і 94% для κ -казеїну.

Література

Юкало, В. Г. (2021). *Біологічна активність протеїнів і пептидів молока: монографія*. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.

Юкало, В. Г. (2007). *Білки казеїнового комплексу коров'ячого молока та продукти їх протеолізу за дії ферментів молочнокислих бактерій*. (Дис. докт. біол. наук). Інститут біології тварин НААН, Львів.

Farrell, H. M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G. T., Brown, E. M., Butler, J. E., Creamer, L. K., ..., Swaisgood, H. E. (2004). Nomenclature of the proteins of cows' milk sixth revision. *Journal of Dairy Science*, 87 (6), 1641—1674. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73319-6.

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015) *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Second Edition). New York: Springer.

Iukalo, A. V. Identification of protein fractions of milk cows casein complex. (2015). *The Ukrainian Biochemical Journal*, 87 (4), 87—91. doi:https://doi.org/10.15407/ubj87.04.087.

Majka, G., Śpiwak, K., Kurpiewska, K., Heczko, P., Stochel, G., Strus, M., & Brindell M. (2013). A high-throughput method for the quantification of iron saturation in lactoferrin preparations. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405 (150), 5191—5120. doi: 10.1007/s00216-013-6943-9.

Nongonierma, A. B., O'Keeffe, M. B., & FitzGerald, R. J. (2016). Milk Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides. In: McSweeney, P. L. H., O'Mahony J. A. (Eds.) *Advanced Dairy Chemistry — Volume 1B: Proteins: Applied Aspects* (4th edn.). New York: Springer.

Phelan, M., Aherne, A., FitzGerald, R. J., & O'Brien N. M. (2009). Casein-derived bioactive peptides: biological effects, industrial uses, safety aspects and regulatory status. *International Dairy Journal*. 19 (11), 634—654. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.06.001.

Sharma, N., Sharma, R., Rajput, Y. S., Mann, B., Sight, R., & Gandhi, K. (2021). Separation methods for milk proteins on polyacrylamide gel electrophoresis: Critical analysis and options for better resolution. *International Dairy Journal*, 114, 104920. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104920.

PROSPECTS OF FRESHWATER FISH PROCESSING TECHNOLOGIES

N. Slobodyaniuk, I. Bal, S. Lebskyi

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key words:

*Nutritional value
Freshwater fish
Ideal protein
Essential fatty acids
Innovative technologies
Food combinatorics
Fish pastes*

Article history:

Received 12.09.2022
Received in revised form
29.09.2022
Accepted 20.10.2022

Corresponding author:

N. Slobodyaniuk
E-mail:
slob2210@ukr.net

ABSTRACT

The nutritional value of the main commercial fish of freshwater reservoirs of Ukraine according to indicators of the biological value of proteins and lipids in accordance with the recommendations of FAO/WHO is analyzed in the article. It was determined that the protein of carp, crucian carp and white carp corresponds to or comes close to the ideal protein in terms of the qualitative and quantitative composition of essential amino acids. The fatty acid composition of the lipids of these fish in terms of the total number of individual classes, the content of essential polyunsaturated fatty acids (PUFAs) eicosapentaenoic (20:5 ω 3) and docosahexaenoic (20:6 ω 3), is not adequate in terms of recommendations for healthy nutrition.

The analysis of innovative technologies for the processing of freshwater fish showed the absence of developments to improve the biological value of food products from freshwater fish by enriching the lipid component of PUFAs from hydrobionts of marine origin.

One of the promising directions for improving the technology of fish products is the creation of multi-component food products in the form of pastes. Model samples of pastes were formed at different ratios of smoked meat of large carp, white large carp *Hypophthalmichthys molitrix* and Black Sea shark *Squalus acanthias* (50:50; 60:40; 70:30, respectively). The organoleptic evaluation of the samples based on the intensity of olfactory and taste properties determined the advantages of this product at a raw material ratio of 60:40 compared to products made from smoked carp meat according to the indicators "harmonious smell and taste" and "general impression". An increase in the level of PUFAs in the samples of pastes with katra shark meat according to the iodine number was also established, which confirms the feasibility of improving the technology of fish pastes by combining freshwater and marine fish to increase their biological value.

ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ПРІСНОВОДНИХ РИБ

Н. М. Слободянюк, І. М. Баль, С. О. Лебський

Національний університет біоресурсів та природокористування України

У статті проведено аналіз харчової цінності основних промислових риб прісноводних водойм України за показниками біологічної цінності білків і ліпідів відповідно до рекомендацій ФАО/ВООЗ. Визначено, що білок коропа, товстолобика і білого амура за якісним і кількісним складом есенціальних амінокислот відповідає чи наближається до ідеального білка. Жирнокислотний склад ліпідів цих риб за сумарною кількістю окремих класів, вмісту есенціальних поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), ейкозапентаєнової (20:5 ω 3) та докозагексаєновою (20:6 ω 3), неадекватний рекомендаціям щодо оздоровчого харчування.

Аналіз інноваційних технологій переробки прісноводних риб показав відсутність розробок з поліпшенням біологічної цінності харчової продукції з прісноводних риб шляхом збагачення ліпідної компоненти ПНЖК з гідробіонтів морського походження.

Одним із перспективних напрямків удосконалення технологій рибних продуктів є створення полікомпонентних харчових продуктів у вигляді паст. Сформовані модельні зразки паст при різному співвідношенні копченого м'яса товстолобика білого *Hypophthalmichthys molitrix* та чорноморської акули катран *Squalus acanthias* (50:50; 60:40; 70:30 відповідно). Органолептична оцінка зразків за інтенсивністю нюхових і смакових властивостей визначила переваги цієї продукції при співвідношенні сировини як 60:40 порівняно з продукцією копченого м'яса товстолобика за показниками «гармонійний запах і смак» і «загальне враження». Встановлено також підвищення рівня ПНЖК у зразках паст з м'ясом акули катран за йодним числом, що підтверджує доцільність удосконалення технологій рибних паст шляхом комбінування прісноводних і морських риб для підвищення їх біологічної цінності.

Ключові слова: харчова цінність, прісноводні, морські риби, ідеальний білок, есенціальні жирні кислоти, інноваційні технології, харчова комбіната-рика, рибні паст.

Постановка проблеми. Рибна галузь України має стратегічне значення для забезпечення населення продуктами харчування високої якості та безпечності. На жаль, на ринок України постачається до 70% імпоротної рибної продукції (Корман, 2020; Марценюк Н. О., Марценюк В. П., 2016; Миськовець, 2020). Власна сировина рибної промисловості представлена переважно прісноводними видами риб, асортимент продукції яких обмежений наявністю свіжої та замороженої продукції (Ярошевич, & Пахолок, 2020). Так визначено, що білкова компонента прісноводних риб має всі незамінні амінокислоти (НАК), кількість яких не завжди відповідає рекомендованому ФАО/ВООЗ значенню (Баль-Прилипко, Старкова, & Андрощук, 2018; Лебська, Голембовська, 2014; Маєвська,

2015; Dietary Reference Values for nutrients. Summary Report. EFSA supporting publication. EFSA (European Food Safety Authority), 2017). Біологічна цінність ліпідної складової м'язової тканини прісноводних риб характеризується низькими показниками біологічної цінності завдяки відсутності чи слідової кількості у своєму складі таких біологічно активних поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), як ейкозапентаєнова (ЕПК) та докозагексаєнова (ДГК). Тобто споживання прісноводних риб не сприяє забезпеченню повного обсягу потреб людини есенціальними факторами харчування з огляду на сучасні вимоги щодо здорового способу життя (Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation, 2013; Fats and fatty acids in human nutrition/Report of an expert consultation, 2008). Тож пошук перспективних технологій переробки прісноводних риб є актуальною проблемою, пов'язаною з раціональними напрямками їх переробки та забезпечення населення України повноцінними за вмістом незамінних складових продуктами харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Води України мають близько 200 (за іншими даними — 180) видів риб: 110 у річках, 180 — у морі (близько 90 видів живуть і в прибережних частинах Азовського та Чорного морів, і в річках, що впадають у ці моря) (Корман, 2020; Миськовець, 2020).

Основними промисловими видами риб у прісноводних водоймах є: короп (лускатий і український рамчастий), товстолобик, білий амур, сазан, карась, харчова цінність яких досліджена у працях (Баль-Прилипко, Старкова, & Андрощук, 2018; Голембовська, & Лебська, 2014; Маєвська, 2015; Головка М. П., Головка Т. М., & Крикуненко, 2017; Сидоренко, & Туніцька, 2012).

За показниками енергетичної цінності прісноводні риби суттєво відрізняються як за видами, так і від сезону вилову, розміру та статі. Так, у білого амура енергетична цінність м'язової тканини складає у весняний період — 116, в осінній — 103,5 (у середньому — 109,75); у коропа — 93,09 та 115,60 (у середньому — 104,35); у товстолобика — 121,60 та 138,10 (у середньому — 129,85), ккал, відповідно. Енергетична цінність м'язової тканини прісноводних риб визначається високою кількістю білка — від 15,60 до 18,91% від загального хімічного складу, що дає змогу віднести ці види риб до високобілкових. За вмістом жиру ці види риб відносяться до низько і середньожирних (білий амур — від 3,9 до 5,0; короп — від 3,1 до 5,3; товстолобик — від 5,20 до 8,10). При рекомендацій для людини середнього віку на добу енергії від споживання харчових продуктів у кількості 2500 ккал споживання прісноводної риби здатне лише частково забезпечити цю потребу (у середньому — 114, 65 ккал/100 г).

Біологічна цінність сировини визначається вмістом незамінних амінокислот (НАК). Традиційний метод визначення цього показника — оцінка відповідності якісного та кількісного складу НАК рекомендаціям ФАО/ВООЗ (Dietary protein quality evaluation in human nutrition, 2013; Dietary Reference Values for nutrients, 2017; Tilami, & Sampels, 2018). Результати порівняльної оцінки вмісту НАК у м'язовій тканині основних промислових риб прісноводних водойм та їх відповідність ідеальному білку наведено в табл. 1.

Відповідно до останніх рекомендацій ФАО/ВООЗ сума НАК в ідеальному білку складає 27,70 г/100 г білка, що значно нижче порівняно з цим показником м'язової тканини всіх досліджуваних риб: товстолобик — 32,60, білий амур —

32,60, короп — 50,38 г/100 г білка відповідно. Білок товстолобика характеризується наявністю таких лімітуючих НАК, як валін і метіонін+цистин. Скор цих кислот складає 57,44 та 51,36% відповідно. У білку коропа та білого амура відсутні лімітуючі НАК. За показниками біологічної цінності білок м'язової тканини коропа та білого амура більш збалансований за вмістом НАК порівняно з товстолобиком.

Таблиця 1. Порівняльна оцінка вмісту незамінних амінокислот білків м'язової тканини прісноводних риб і їх відповідність рекомендаціям ФАО/ВООЗ, г/100 г білка

Назва НАК	Сировина			Ідеальний білок за ФАО/ВООЗ (Dietary protein quality evaluation in human nutrition, 2013)
	Короп (Лебська, & Голембовська, 2014)	Білий амур (Мазараки, Лебська, & Пригутьська, 2014)	Товстолобик (Мазараки, Лебська, & Пригутьська, 2014)	
Незамінні, в т.ч.	50,38	45,09	32,60	27,70
Валін	6,47	4,19	2,24	3,90
Ізолейцин	4,71	4,90	3,68	3,00
Лейцин	10,58	8,80	7,38	5,90
Метіонін+Цистин	2,94	2,97	1,13	2,20
Треонін	5,29	4,60	2,63	2,30
Фенілаланін+Тирозин	7,64	7,96	5,63	3,80
Триптофан	1,06	0,9	Сліди	0,60
Лізин	11,17	10,29	7,23	4,50
Гістидин	0,52	0,48	2,68	1,50

Оцінка ліпідної компоненти м'язової тканини риб також важлива для характеристики відповідності потребам людини у незамінних факторах харчування. У табл. 2 наведено порівняльну характеристику жирнокислотного складу ліпідів м'язової тканини основних промислових риб і його відповідність рекомендаціям ФАО/ВООЗ.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика жирнокислотного складу ліпідів м'язової тканини прісноводних риб і їх відповідність рекомендаціям ФАО/ВООЗ

Код жирної кислоти (ЖК)	Масова частка, % від загальної суми ЖК			Рекомендації ФАО/ВООЗ (Fats and fatty acids in human nutrition, 2010)
	Короп (Лебська, & Голембовська, 2014)	Білий амур (Мазараки, Лебська & Пригутьська, 2014)	Товстолобик (Лебська, & Голембовська, 2014)	
Насичені (НЖК), у т.ч.	21,508	31,28	23,980	30
12:0	0,233	1,44	0,245	
14:0	1,748	1,62	3,560	
15:0	0,311	0,21	0,141	
16:0	18,389	24,4	13,954	
17:0	0,827	0,31	0,356	
18:0	6,009	3,30	3,997	
19:0	—	—	0,245	

20:0	—	—	1,292	
24:0	—	—	0,190	
Мононенасичені (МНЖК)	49,077	47,94	33,165	60
16:1	7,315	12,96	7,289	
17:1	0,057	—	1,036	
18:1 ω9	4,859	33,64	1,052	
18:1 ω9 трансізомер 18:1	35,999		14,159	
20:1	0,543	1,34	1,667	
22:1	0,304		2,549	
24:1	—		5,413	
Поліненасичені (ПНЖК)	11,442	20,65	16,398	10
18:2 ω6	4,862	10,60	4,541	
18:3 ω3	4,912	7,34	9,620	
20:2	0,324	0,61	0,080	
20:3	—	—	0,355	
20:4 ω6	0,358	0,71	—	
20:5 ω3	0,556	0,57	1,447	—
22:6 ω3	0,430	0,82	0,355	

Аналіз даних табл. 2 свідчить про те, що ЖК склад ліпідів різних риб суттєво відрізняється як за загальною сумою окремих класів ЖК, так і за вмістом есенціальних. Сума НЖК у білого амура відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ, у коропа цей показник менший на 28,30%, у товстолобика — на 20,10 %. Вміст МНЖК також менший у всіх видів риб: у коропа на 18,20%; у білого амура — на 20,10, у товстолобика — на 44,73% відповідно. Сума ПНЖК у ліпідах риб тільки в коропа відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ. У ліпідах білого амура й товстолобика суттєво вища (20,65 та 16,39 проти 10).

Особливу цінність представляють ПНЖК родини ω3. Визначено, що споживання цих кислот сприяє підвищенню імунітету, профілактиці та лікуванню серцево-судинних захворювань, зловласних новоутворювань, поліпшенню розумових здібностей (de Oliveraa, Nabavib, & Jardimc, 2017; Mendez, Dasilva, & Medina, 2017; Tojo, Tsuruoka, & Yuasa, 2022). Згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ споживання 250 мг суми ЕПК і ДГК, 2 г — ПНЖК 18:3 ω3 та 10 г 18:2 ω6 здатне забезпечити нормалізацію ліпідного обміну. Домінуючими ПНЖК ліпідів досліджуваних риб у білого амура є кислота 18:2 ω6 (10,60%), у коропа та товстолобика — 18:3 ω3 (4,91 і 9,62% відповідно). Наявність ЕПК і ДГК незначна (ЕПК в ліпідах коропа, білого амура й товстолобика: 0,55, 0,57, та 1,45; ДГК — 0,43, 0,82 і 0,33% відповідно. Тобто споживання прісноводних риб не забезпечить потреби людини у цих есенціальних ЖК.

Отже, аналіз літературних даних щодо біологічної цінності основних промислових риб прісноводних водойм України свідчить, що білок м'язової тканини більшої частини видів риб здатний забезпечити потреби в есенціальних АК, однак ліпідна компонента за вмістом ПНЖК родини ω3 не відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ. У цих умовах перспективним напрямом у розробці інновацій-

них технологій є формування багатокомпонентних харчових продуктів на основі методів харчової комбінаторики та біотехнологічних прийомів (Мазараки, Лебська, & Притульська, 2014; Bal-Prilyrko, Palyka, & Brona, 2016).

На основі комбінування рибної та рослинної сировини розроблено пресерви, паштети з товстолобика, білого амура та коропа, які за органолептичними показниками, харчової цінністю і вмістом есенціальних факторів харчування кращі, ніж при використанні тільки м'яса прісноводних риб (Сидоренко, 2006).

Удосконалено рецептурний складі технологію фаршевих виробів за рахунок збагачення фаршів з товстолобика м'язовою тканиною кальмара, твердого сиру та грибів шампінйонів (Мазараки, Лебська, & Притульська, 2014). Завдяки цій технології поліпшено органолептичні властивості та біологічну цінність фаршевих виробів шляхом збільшення ПНЖК $\omega 3$, збагачення вмісту білка, поліпшення амінокислотного складу НАК та мінеральної компоненти.

На особливу увагу заслуговує виробництво промитих фаршів (Маєвська, 2015). Цей напрям дає змогу залучити в переробку дрібну нетоварну рибу та харчові відходи від філетування. Проте виготовлені за традиційною технологією рибні фарші мають обмежене застосування, оскільки характеризуються непривабливим кольором, коротким терміном зберігання, низькою гелеутворювальною здатністю і невисокою біологічною цінністю за вмістом НАК і ПНЖК $\omega 3$. Позбутися наведених недоліків фаршів із прісноводної сировини можна шляхом промивання подрібненої м'язової тканини риб водою або різними водними системами, в тому числі електрохімічно активованими (ЕХА). Розроблено технологію, яка дає змогу отримати промиті фарші (сурімі) з відсутністю рибного запаху, наближені до білого кольору, з підвищеною стійкістю під час зберігання.

Розроблено технологію пресервів з коропа з використанням пряноароматичних коренеплодів та попередньої обробки пікохвильовою енергією (ПХЕ) (Голембовська, & Лебська, 2013). Показано доцільність попередньої обробки пресервів ПХЕ для прискорення дозрівання риби у складі пресервів і забезпечення їх безпеки впродовж терміну зберігання. Використання пряноароматичних коренеплодів дає змогу поліпшити органолептичні властивості, збагатити продукт харчовими волокнами, мінеральною компонентою. Однак якість білка та ліпідної складової у цих продуктах не відповідає вимогам оздоровчого харчування.

З метою комплексної переробки рибної сировини проведено дослідження неїстівних частин тіла прісноводних риб (голови, плавці, кістки), яке визначило перспективність їх використання для виробництва натуральних структуроутворювачів (Сидоренко, & Туніцька, 2012).

Експериментально підтверджено доцільність і перспективність розробки функціональних заливних продуктів шляхом раціонального комбінування прісноводної риби та рослинної сировини з використанням гідроколідів (Дончевська, & Туніцька, 2012).

Позитивний досвід харчової комбінаторики продемонстровано в технології рибних паст на основі сумісного використання ікри прісноводних і морських видів риб, що дало змогу наблизити вміст есенціальних жирних кислот до рекомендованого значення ПНЖК (Menchynska, Manoli, & Nikolaenko, 2021).

З метою інтенсифікації технологічних процесів запропоновано використання попередньої ультразвукової обробки ставкової риби при виготовленні рибних буль-

йонів із кісткової тканини (Постнов, Червоний, & Апанасенко, 2018) та мікрохвильовою енергією при виготовленні консервів (Добробабина, & Безусов, 2008).

У Норвегії фірма «Norwegianfoodstore» виробляє пасти на основі слабокопченої ікри тріски з рапсовою олією, яєчного жовтка, регулятора кислотності, оцту та цукру, а також копченої скумбрії, палтуса, тріски з морквою, томатів, цибулі (Norwegianfoodstore, взято з <https://norwegianfoodstore.com/products/mills-caviarmix-kaviarmix>). У Німеччині фірма «Marine Stewardship Council» випускає рибні пасти «Sardellenpaste aus spanischen Sarfellen» на основі соленої сардини та оливкової олії (Marine Stewardship Council, взято з www.msc.org/de).

Рибний ринок України представлений таким видом продукції, як рибна паста. Водночас використання м'язової тканини прісноводних риб у комбінуванні з морськими дасть змогу сформувати харчові продукти, наближені за показниками біологічної цінності до вимог оздоровчого харчування. Органолептична оцінка є першим враженням від якості продукції, тому **метою дослідження** на першому етапі було визначення сумісності інгредієнтів у складі рибних паст на підставі аналізу нюхових і смакових характеристик за методом спектра флейвору та визначення вмісту ПНЖК за показником йодного числа.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — модельні системи рибних паст, виготовлених з копченої гарячим способом м'язової тканини білого товстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* та акули катран *Squalus acanthias*.

Копчене гарячим способом м'ясо вказаних видів риб подрібнювали на гомогенізаторі ГЛ-П 300/10000 до розміру частин 3—5 мм протягом 10 хв і змішували у співвідношеннях 50:50 — зразок 1; 60:40 — зразок 2; і 70:30 — зразок 3. Як контрольний зразок використовували пасту, виготовлену тільки з копченого м'яса товстолобика.

Сенсорний аналіз рибних паст проведено шляхом створення спектра флейвору з нюхових і смакових властивостей. Дегустацію проведено експертною комісією у складі 9 кваліфікованих осіб. Оцінено дескриптори, які є значущими для споживачів і які входили в комплексний профіль спектра флейвору, так званого гіпотетичного еталона. За результатами дегустації, після математичної обробки, складено профілі спектра флейвору рибних паст різних зразків і контрольного зразка. Дегустаційну оцінку зразків рибних паст проведено за 5-бальною шкалою інтенсивності відчуття запаху і смаку продукту: 0 балів — відчуття не сприймається; 1 бал — ледь відчутне відчуття; 2 бали — слабка інтенсивність; 3 бали — середня інтенсивність; 4 бали — сильна інтенсивність; 5 балів — дуже сильна інтенсивність.

Серед дескрипторів смаку виділено гармонійний, типовий для копченої риби. Дескриптори копченої риби, рибного жиру — свіжий (відсутність присмаку окиснення). Окиснений присмак характеризував повноту смаку рибних паст в аналогах такої продукції. Із дескрипторів консистенції звертали особливу увагу на однорідність.

Достовірність результатів дослідження оцінено за критерієм Стюдента при $P \leq 0,05$. Йодне число визначали за загальноприйнятим методом.

Викладення основних результатів дослідження. Технологія пастоподібних продуктів передбачає подрібнення компонентів рецептурного складу до однорідної консистенції та їх змішування. Це дає змогу створювати продукти з широкою

гамою смаку й аромату залежно від доданих компонентів, смакових добавок і виду сировини. Вони являють собою зручну структурно-агрегатну модифікацію для створення продуктів заданого складу, збалансованих за основними інгредієнтами та збагачених біологічно активними речовинами.

При проведенні органолептичної оцінки дегустатори працювали в команді та узгоджували бальну оцінку кожного дескриптора між собою. Першим розкривався запах, після чого визначали інтенсивність прояву кожного показника на смак із подальшим окресленням залишкового присмаку (стійкості).

Результати профільного аналізу різних зразків рибних паст порівняно з еталоном і контрольним зразком наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Профільний аналіз смаковитості зразків рибних паст з копченого м'яса товстолобика та акули катран при $P \leq 0,05$ і $n = 9$

Дескриптор	Інтенсивність характеристик, бал				
	еталон	контроль	Паштети рибні, зразки		
			1	2	3
Характеристика запаху та смаку:					
- гармонійний	5,0	3,0±0,02	3,8±0,10	4,3±0,10	4,0±0,21
- копченої риби	4,0	3,1±0,01	3,5±0,03	3,8±0,12	3,5±0,11
- рибного жиру:					
- свіжий	4,0	3,0±0,02	3,2±0,10	3,5±0,21	3,2±0,31
-окисненого жиру	0	0	0	0	0
Характеристика консистенції паст					
- однорідна	5,0	4,8±0,10	4,5±0,13	4,8±0,20	4,5±0,12
- неоднорідна	1,0	0	0	0	0
Загальне враження	5,0	4,0±0,03	4,5±0,11	4,8±0,13	4,5±0,41
Сума балів	24,0	17,9±0,10	19,5±1,23	21,2±0,20	19,7±0,20

Гармонійний запах та смак еталону були вищими порівняно з контрольним зразком та експериментальними зразками. Найвищий бал за цим показником (4,3) отримав зразок 2, виготовлений при співвідношенні м'яса товстолобика та акули 60:40. Запах копченої риби також проявляв найбільшу інтенсивність у цьому зразку. Інтенсивність запаху свіжого рибного жиру також була вища у зразку 2 та не проявляла достовірних відмінностей від інших експериментальних зразків. Дескриптор запаху окисненого жиру був відсутній у всіх зразках.

Відчуття дотику в ротовій порожнині при дегустації рибних паст дає змогу охарактеризувати його консистенцію як пастоподібну однорідну. За дескриптором «консистенція» усі зразки не проявляли суттєвих відмінностей.

За дескрипторами «загальне враження» та «сума балів» найбільшу кількість балів отримав зразок 2 при співвідношенні копченого м'яса товстолобика та акули 60:40. Цей зразок отримав загальну суму балів 21,2 порівняно з еталоном 24,0, контрольним зразком 17,9 та іншими зразками (1 — 19,5; 2 — 19,7). Така залежність може бути обумовлена тим, що при копченні товстолобика не повністю видаляється запах мулу цієї риби. Внесення копченого м'яса акули у склад паштету нівелює цей запах і в цілому гармонізує спектр флейвору продукту.

Розгорнуті профілі спектрів флейвору еталона, контрольного та експериментальних зразків для кращого наочного сприйняття результатів досліджень представлені на рис. 1—4.



Рис. 1. Профілограма спектра флейвору еталона та контрольного зразка рибних паст



Рис. 2. Профілограма спектра флейвору еталона та зразка 1 рибних паст

Аналіз результатів дослідження свідчить про те, що оцінка зразків паштетів з копченої риби методом створювання спектра флейвору визначила переваги зразка 2 порівняно з контрольним та іншими варіантами паст за такими дескрипторами запаху і смаку: гармонійний, копченої риби, свіжості, загальним враженням та сумою балів.

Для оцінки впливу добавок копченого м'яса акули катран до копченого м'яса товстолобика у складі паст на вміст ПНЖК проведено визначення йодного числа жиру в модельних системах. Результати досліджень наведено у табл.4.

Аналіз результатів досліджень (табл. 4) свідчить, що внесення до складу пасти копченого м'яса акули супроводжується підвищенням йодного числа. Найбільший показник йодного числа спостерігається в першому зразку, який містить 50% м'яса акули катран. Тобто внесення цієї кількості м'яса акули катран сприяє як гармонізації смаку та запаху, так і підвищує біологічну цінність порівняно з контрольним зразком.

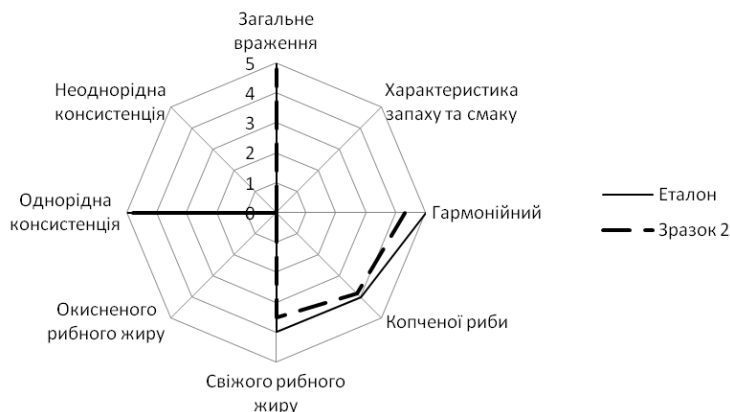


Рис.3. Профілограма спектра флейвору еталона та зразка 2 рибних паст



Рис. 4. Профілограма спектра флейвору еталона та зразка 3 рибних паст

Таблиця 4. Вплив різних масових частин копченого м'яса акули катран на показник йодного числа у складі паст на основі копченого м'яса товстолобика при $P \leq 0,05$; $n = 5$

Йодне число, г J/100 г жиру	Найменування зразків				
	М'ясо товстолобика	М'ясо акули катран	Зразки паст		
			1	2	3
	80,47±5,43*	110,23±4,76*	95,35±3,24*	92,37±2,45*	89,40±3,37*

Примітка: * статистично значні відмінності.

Висновки

Власна рибна сировина України представлена переважно прісноводними видами риб, що за показниками енергетичної і біологічної цінності білкової та ліпідної компоненти не завжди відповідає вимогам ФАО/ВООЗ до оздоровчого харчування. Аналіз інноваційних технологій переробки прісноводних риб України визначив перспективність удосконалення технологій багатокомпонентних харчових продуктів на основі принципів харчової комбінаторики рибної сировини

прісноводних і морських водойм та рослинної сировини. Одним із перспективних напрямів є розроблення рибних паст.

Дослідження органолептичних показників зразків рибних паст на основі копченого м'яса товстолобика в різних співвідношеннях з копченим м'ясом акули катран за методом спектра флейвору показало доцільність комбінування прісноводних і морських риб, що поліпшує характеристики запаху та смаку, загальне враження від продукту і підвищує рівень ПНЖК.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з визначенням жирнокислотного та амінокислотного складу комбінованих рибних паст на основі прісноводних і морських риб та проведенням оцінки їх біологічної цінності відповідно до рекомендацій щодо оздоровчого харчування.

Вирішення цих завдань дасть змогу підвищити біологічну цінність харчових продуктів і раціонально використовувати власні ресурси гідробіонтів в Україні.

Література

Баль-Прилипко, Л. В., Старкова, Е. Р., Лебський, С. О., Андрощук, О. С. (2018). *Актуальні проблеми рибопереробної галузі*: монографія. Київ: «Компринт».

Голембовская, Н. В., Лебская, Т. К. (2013). Влияние пиковолновой обработки на созревание пресервов из пресноводных рыб. *Продовольча індустрія АПК*, 5, 7—10.

Голембовська, Н., Лебська, Т. (2014). Харчова цінність коропа і товстолобика осіннього вилову. *Продовольча індустрія АПК*, 2, 11—15.

Головко, М. П., Головко, Т. М., Крикуненко, Л. О. (2017). Біологічна цінність прісноводної риби Кременчуцького водосховища. *Харчова наука і технологія*, 11(3), 53—60. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2017_11_3_8.

Добробабина, Л. Б., Безусов, А. Т. (2008). *Современные технологии пищевых продуктов из гидробионтов*: монографія. Одесса: Optium. Взято з: <https://elc.library.onaft.edu.ua/library-w/DocumentSearchResult>.

Дончевська, Р., Туніцька, А. (2012). Інноваційні заморожені заливні рибні продукти. *Товари і ринки*, 2 (14), 79—88. Взято з: <http://libtomcat.knute.edu.ua/library/DocSearchResult>.

Корман, І. І. (2020). Сучасний стан та перспективи розвитку вітчизняного ринку риби та рибопродуктів. *Підприємництво та інновації*, 12, 49—54. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pidinpnov_2020_12_10.

Лебська, Т. К., Голембовська, Н. В. (2014). Харчова цінність коропа *Cyprinus Carpio* і товстолобика *Hypophthalmichthys spp* осіннього вилову. *Техніка і технологія АПК*, 5 (56), 5—8.

Мазараки, А. А., Лебська, Т. К., Сидоренко, О. В., Ніколаєнко, С. М., Пригульська Н. В. (2014). *Інноваційні технології переробки риби*. Київ: КНТЕУ.

Марценюк, Н. О., Марценюк, В. П. (2016). *Моніторинг технологій та інноваційний потенціал виробництва рибної продукції в Україні*: монографія. Київ: Компринт. Взято з: http://base.dnsgb.com.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe.

Маєвська, Т. М. (2015). Амінокислотна сбалансованість білків промитих рибних фаршів. *Наукові праці Національного університету ту харчових технологій*, 21 (2), 197—202.

Миськовець, Н. П. (2020). Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку рибного господарства України. *Бізнес Інформ*, 3, 104—111. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2020_3_15.

Постнов, Г. М., Червоний, В. М., Апанасенко, А. І. (2018). Перспективи використання технології глибокої переробки ставкової риби. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2, 59—65. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Otkhv_2018_2_10.

Сидоренко, О. В. (2006). *Формування асортименту та якості риборослинних продуктів*. Київ: КНТЕУ. Взято з: <http://libtomcat.knute.edu.ua/library/DocSearchResult>.

Сидоренко, О., Туніцька, А. (2012). Біологічна цінність вторинної рибної сировини. *Товари і ринки*, 1, 144—150. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2012_1_20.

Ярошевич, Т. С., Пахолок, О. В. (2020). Український ринок риби та морепродуктів: проблеми та перспективи. *Товарознавчий вісник*, 13, 40—51. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tvis_2020_13_6.

Bal'-Prilypko, L. V., Patyka, N. V., Brona, A. I. (2016) Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. *Mikrobiologichnyi zhurnal*, 78 (3), 99—111. Взято з: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203393058>.

de Oliveiraa, M. R., Nabavib, S. F., Nabavib, S. M., Jardimc, F. R. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and mitochondria, back to the future. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 76—92.

Dietary protein quality evaluation in hyman nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. (2013). Rome: FAO. Взято з: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

Dietary Reference Values for nutrients. Summary Report.EFSA supporting publication. EFSA (European Food Safety Authority). (2017). doi:10.2903/sp.efsa.2017.e15121.

Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Geneva, 10-14 November 2008. FAO "Food and Nutrition". Paper 91. FAO. Rome, 2010. Взято з: <http://www.fao.org/3/a-i1953e.pdf>.

Marine Stewardship Council. Взято з: www.msc.org/de.

Menchynska, A., Manoli, T., Nikolaenko, M. (2021). Біологічна цінність та споживні властивості рибних паст. *Food Science and Technology*, 15 (3). Взято з: doi:10.15673/fst.v15i3.2121.

Mendez, L., Dasilva, G., Medina, I. (2017). Marine Lipids on Cardiovascular Diseases and Other Chronic Diseases Induced by Diet: An Insight Provided by Proteomics and Lipidomics. *Mar. Drugs*, 15 (8), 258. Взято з: <https://doi.org/10.3390/md15080258>.

Norwegianfoodstore. Взято з: <https://norwegianfoodstore.com/products/mills-caviarmix-kaviarmix>.

Tilami, S. K., Sampels, S. (2018). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26 (2), 243—253. DOI: 10.1080/23308249.2017.1399104.

Tojo, T., Tsuruoka, M., Kondo, T., Yuasa, M. (2022). Evaluation of Cancer Cell Growth Suppressibility of ω -3 Fatty Acids and Their Metabolites. *Journal of Oleo Science*, 71(8), 1253—1260.

INNOVATIONS IN THE TECHNOLOGY OF THE MANUFACTURING WHIPPED DESSERTS

O. Izhevskia

Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Bobersky

O. Masliichuk

Lviv Ivan Franko National University

Key words:

*Whipped dessert
Ruby chocolate
Mousse
Agar-agar
Innovation
Technology*

Article history:

Received 13.09.2022
Received in revised form
29.09.2022
Accepted 21.10.2022

Corresponding author:

O. Masliichuk

E-mail:

maslijchukolia@gmail.com

ABSTRACT

Desserts are popular with consumers, they are characterized by high nutritional value and are well absorbed by the human body. Technological approaches to improving and expanding the assortment of whipped desserts in Ukraine and the world are examined and analyzed in the article.

It was established that ruby chocolate with a rich chemical composition, which has antioxidant, functional properties and excellent organoleptic indicators, is a promising direction in expanding the range of the competitive dessert products, in particular, mousses. To develop a new dessert with increased biological value, health-promoting properties and competitive organoleptic indicators, the recipe of creamy-chocolate mousse was used, replacing dark chocolate with ruby chocolate, and agar-agar as a structure-forming agent. In mousse technology, it is advisable to replace gelatin with agar-agar. This will allow not only to bind free moisture, but also to obtain a stable structure saturated with air. In order to obtain new taste qualities, 'Callebaut Ruby' ruby chocolate was added to the mousse recipe. Chocolate contains biochemically active compounds such as theobromine, flavonoids such as epicatechin, catechin and procyanidins, caffeine and phenylethylamine, improves mood, adds energy, and relieves fatigue.

Ruby chocolate allows to give a new look and new taste qualities to the whipped dessert. The aroma is more delicate, soft, light. Despite the rather high content of the cocoa products, bitterness is less expressed. The article presents the recipe of the developed cream-chocolate mousse "First Date", technological map and scheme of production.

Based on research, it was found that replacing traditional ingredients with ruby chocolate and agar-agar improves the organoleptic quality indicators of the dessert providing a unique berry taste. Due to the organoleptic properties of ruby chocolate, the developed mousse has a moderate astringency and a creamy-floral aroma.

ІННОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗБИТИХ ДЕСЕРТІВ

О. П. Іжевська

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського

О. Б. Маслійчук

Львівський національний університет імені Івана Франка

Десертна продукція користується популярністю у споживачів, характеризується високою харчовою цінністю і добре засвоюється організмом людини. У статті розглянуто та проаналізовано технологічні підходи з удосконалення та розширення асортименту збитих десертів в Україні та світі.

Встановлено, що перспективним напрямом у розширенні асортименту конкуренстоспроможної десертної продукції, зокрема мусів, є рубіновий шоколад з багатим хімічним складом, що володіє антиоксидантними, функціональними властивостями та чудовими органолептичними показниками. Для розроблення нового десерту з підвищеною біологічною цінністю, оздоровчими властивостями та конкурентоспроможними органолептичними показниками, використано рецептуру вершково-шоколадного мусу, із заміною чорного шоколаду на рубіновий, а як структуроутворювач — агар-агар. У технології мусу доцільно желатин замінити на агар-агар. Це дасть змогу не лише зв'язати вільну вологу, але й отримувати стійку структуру, насичену повітрям. Задля отримання нових смакових якостей до рецептури мусу додано рубіновий шоколад Callebaut Ruby. Шоколад містить такі біохімічно активні сполуки, як теобромін, флавоноїди (епікатехін, катехін і проціанідини), кофеїн і фенілтиламін, покращує настрій, додає енергії, знімає втому.

Рубіновий шоколад надає збитому десерту новітнього вигляду та нових смакових якостей. Аромат більш ніжний, м'який, легкий. Незважаючи на досить високий вміст какао-продуктів, мени виражена гірчинка. Представлено рецептуру розробленого мусу вершково-шоколадного «Перше побачення», технологічну карту та схему.

На основі проведених досліджень, встановлено, що заміна традиційних інгредієнтів на рубіновий шоколад і агар-агар покращує органолептичні показники якості десерту з унікальним ягідним смаком. Завдяки органолептичним властивостям шоколаду Ruby розроблений мус має помірну терпкість і вершково-квітковий аромат.

Ключові слова: збитий десерт, рубіновий шоколад, мус, агар-агар, інновація, технологія.

Постановка проблеми. У жорсткому конкурентному середовищі пріоритетною функцією діяльності закладів ресторанного господарства є організація харчування споживачів. Завдяки якісному харчуванню організм людини здатний протистояти несприятливому впливу навколишнього середовища. Важливим завданням організації харчування в закладах ресторанного господарства є розробка

нових видів продукції з підвищеною харчовою, біологічною цінністю та оздоровчими властивостями.

Десертна продукція користується популярністю у споживачів, характеризується високою харчовою цінністю і добре засвоюється організмом людини. Аналіз ринку десертної продукції України показує, що існуючий асортимент обмежений і представлений концентратами іноземного виробництва або сумішами для замороженої продукції. Відтак асортимент солодких страв потребує оновлення відповідно до сучасних трендів розвитку технологій і споживання, оскільки виявляє ефект втоми та неповною мірою задовольняє вимоги виробників і споживачів, що набуває необхідності удосконалення технологічних підходів з її отримання (Пивоваров та ін., 2011). Поряд з цим спостерігається зростання виробництва та споживання солодких страв на молочній основі, для утворення та стабілізації якої використовуються як харчові добавки, так і рослинна сировина.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковцями розглянуто перспективи розробки нової десертної продукції (Слободнюк, 2013) на основі клейстеризованого механічно зруйнованого кукурудзяного крохмалю та молочної сировини. Дані, одержані в результаті аналізу десертів, свідчать, що у формуванні органолептичних показників солодких страв найбільш значущими чинниками є консистенція (пастоподібна, пластична) та відсутність крапель вільної вологи в упаковці.

Досліджено (Турчин, 2017) хімічний склад молочної сироватки, одержаної під час виробництва кисломолочного сиру, та розроблено рецептури мусів для оздоровчого харчування.

Проведено дослідження (Taghizade, Jahadi, & Abbasi, 2018) технології отримання пюре з плодів манго як функціонального компонента готового продукту. Пюре з плодів манго вносили до рецептури мусу в кількості від 5% до 15% від загальної маси суміші. Як молочну основу використано молоко коров'яче та соєве. Проведене дослідження показало доцільність використання соєвого молока в композиції шоколадного мусу, виробленого з ферментованого молока. Використання соєвого молока також позитивно позначилося на органолептичних показниках готового мусу.

Мета дослідження: аналіз технології збитих десертів і розробка мусу на основі рубінового шоколаду.

Матеріали і методи. Органолептичні, фізико-хімічні, методи дослідження сировини та готових виробів. За базову рецептуру було взято рецептуру вершково-шоколадного мусу та його традиційна технологія. Для створення нової рецептури десерту використано рубіновий шоколад та агар-агар.

Викладення основних результатів дослідження. Сьогодні мус — основа високого кондитерського мистецтва. Неймовірно вдале поєднання високоякісних складових і простоти приготування дають простір для креативності та фантазії у створенні десертів.

Обґрунтуванням для вибору сировини при виготовленні десертних страв є функціонально-технологічні властивості й хімічний склад основної та допоміжної сировини, що дають змогу забезпечувати необхідну текстуру, консистенцію, дисперсні властивості готової продукції.

Досить поширеним у світі є виробництво десертних страв з використанням різного виду шоколаду. Шоколад — це незамінний інгредієнт багатьох десертів. Його можна подавати як самостійний десерт або у поєднанні з морозивом, фруктами, використовувати у виробництві кремів для тістечок або тортів, самбуків, мусів.

Шоколад цінується, в основному, за прекрасний смак і запах, а ще він покращує настрій, додає енергії, знімає втому. Шоколад, як правило, дуже популярний у всьому світі і споживається всіма поколіннями.

Популярність шоколаду тісно пов'язана з його загальними сенсорними властивостями. Було проведено багато досліджень, які підтверджують сприятливий ефект від вживання чорного шоколаду на здоров'я людини, в основному завдяки високому вмісту поліфенолів, присутніх у какао-порошку (Gámbaro, & Ellis, 2012).

У хімічний склад шоколаду входять не просто цукор і жир, але також мінерали, певна кількість вітамінів та інші біохімічно активні сполуки: теобромін (Franco, Oñatibia-Astibia, & Martínez-Pinilla, 2013), флавоноїди (епікатехін, катехін і проціанідини) (Hasan, & Pérez-Jiménez, 2021), кофеїн і фенілтиламін (Zoumas, Azzara, & Bouzas, 2002).

Багато епідеміологічних і клінічних досліджень свідчать про те, що вживання флавоноїдів знижує фактори ризику розвитку серцево-судинних захворювань. Цей огляд підсумовує нові висновки щодо впливу споживання шоколаду на серцево-судинні фактори ризику, оскільки підтримується еластичність судин, знижується окисний стрес (Arranz, Valderas-Martinez, Chiva-Blanch, & Casas, 2022; Engler, 2008).

Шоколад також вважається ефективним афродизіаком. Фенілтиламін, присутній у складі шоколаду, прискорює вироблення серотоніну і ендорфінів у мозку. Серотонін протидіє депресії і зменшує сприйнятливості до розладів нервової системи, наприклад, шизофренії. Ендорфіни покращують настрій і підсилюють почуття задоволення. Шоколад також містить велику кількість магнію (особливо гіркий). Цей елемент не тільки покращує роботу м'язів і сприяє засвоєнню кальцію, але також, як і серотонін, протидіє стресу.

Для того, щоб шоколад називався шоколадом, він повинен відповідати законодавчим вимогам до кожного виду шоколаду (Engler, 2008).

Основними видами є темний шоколад, молочний та білий (Gámbaro, & Ellis, 2012).

Темний шоколад містить не менше 18% маси какао, 14% знежирених компонентів какао, а загальний вміст компонентів какао має бути не менше 35%.

Молочний шоколад містить не менше 25% какао, щонайменше 14% сухих речовин молока, не менше 3,5% молочного жиру і не менше 25% загального жиру, що є сумою какао-масла та молочного жиру (Directive, 2000). Вміст цукру досягає 50%, тому він дуже солодкий. Завдяки молочній добавці шоколад володіє м'яким і ніжним смаком. Іноді замість какао-масла хімічний склад молочного шоколаду доповнюють рослинними жирами і штучними ароматизаторами. Саме цей вид користується великим попитом на ринку.

Білий шоколад виготовляють з какао-масла, молока або молочних продуктів, підсолоджувачів або інших інгредієнтів (Afoakwa, 2010). Цей шоколад не містить какао тертого. За чинним законодавством білий шоколад повинен містити

не менше 20% какао-масла, не менше 14% молока твердих речовин з вмістом молочного жиру не менше 3,5% (Šeremet, & Mandura, 2019).

Отже, темний вид шоколаду є більш цінним за білий і молочний шоколад завдяки наявності флавоноїдів, що надають йому функціональних властивостей.

Класично при обробці какао-бобів перевага віддається кінцевому коричнево-му кольору, а не натуральним червоно-фіолетовим відтінкам, присутнім у сирих бобах. Це маркер належної обробки та розвитку характерного шоколадного аромату та смаку.

Останнім часом промисловість продемонструвала новий інтерес до фіолетово-червоних відтінків какао з моменту появи на ринку рубінового шоколаду.

Рубіновий шоколад — це різновид шоколаду, який характеризується свіжим ягідним смаком і червонуватим кольором. При виготовленні ласощів такого відтінку не використовують фруктові наповнювачі або барвники. Кондитери домагаються незвичайного рубінового кольору лише за допомогою натуральних какао-бобів. Хоча цей тип шоколаду ще не підпадає під європейське законодавство, його можна назвати шоколадом, тому що, згідно з інформацією на упаковці, він містить не менше 47% компонентів какао і не менше 26% сухого молока.

Основним компонентом рубінового шоколаду є какао-масло. Науковцями також визначено антиоксидантну активність цього шоколаду завдяки наявності флавоноїдів, проантоціанідинів та метилксантинів, а також біогенних амінів та алкалоїдів (Tuentera, Sakavitsib, Rivera-Mondragónacd,&Hermansa, 2021).

Масло какао в рубіновому шоколаді утворює безперервну фазу, яка формує структуру для просторового утримання дисперсних компонентів. Цей шоколад у темперованому вигляді набуває глянцевого блиску і стійкий до цвітіння.

Рубіновий шоколад має рожевий колір. Відтінок може варіюватися від ніжного, майже білого, до темного, близького до лілового, рубінового. За консистенцією, твердістю та іншими характеристиками продукт максимально близький до традиційного. Він досить м'який, швидко починає танути під впливом температури вище 25 °С. А ось смак рубіновий шоколад має унікальний. У ньому переважають ягідні і квіткові нотки. Аромат більш ніжний, м'який, легкий. Незважаючи на досить високий вміст какао-продуктів, менш виражена гірчинка (вона майже повністю відсутня).

Порівняльну характеристику різних видів шоколаду наведено у табл. 1. Для дослідів використовували чотири види шоколадних мас — чорний шоколад (55,5% какао), молочний шоколад (36,5% какао), білий шоколад (28% какао) і рубіновий шоколад (47,3% какао) (Kumbár, Kouřilová, Dufková, Votava,&Hřivna, 2021).

Таблиця 1. Харчова цінність шоколадних мас (у 100 г продукту)

Шоколадна маса	Енергетична цінність, кДж	Жири, г	Вуглеводи	Білки, г	Сіль, г	Склад
		з яких насичені жирні кислоти, г	з яких цукор			
Чорний	2264,6	35,0 21,6	46,9 44,0	5,7	0,005	55,5% какао, цукор, 35,0% какао-масло, емульгатор: соєвий лецитин (E322), аромат: натуральна ваніль

Продовження таблиці 1

Молочний	2297,2	33,3 18,4	55,6 54,7	5,8	0,206	36,5% какао, цукор, 29,0% какао-масло, незбиране сухе молоко, лактоза, сироватка порошкоподібна, емульгатор: соєвий лецитин (Е322), аромат: натуральна ваніль
Білий	2360,5	35,1 19,3	56,1 56,1	6,4	0,234	28% какао, цукор, 28% какао-масло, незбиране сухе молоко, емульгатор: соєвий, лецитин (Е322), аромат: натуральна ваніль
Рубіновий	2356,0	35,9 21,5	49,6 48,5	9,3	0,270	47,3% какао, цукор, какао-масло, сухе незбиране молоко, емульгатор: соєвий лецитин (Е322), регулятор кислотності: лимонна кислота, аромат: натуральна ваніль

Звертаємо увагу на те, що перспективним напрямком у розширенні асортименту конкурентоспроможної десертної продукції, зокрема мусів, є рубіновий шоколад з багатим хімічним складом, що володіє антиоксидантними, функціональними властивостями та чудовими органолептичними показниками.

Для розроблення нового десерту з підвищеною біологічною цінністю, оздоровчими властивостями та конкурентоспроможними органолептичними показниками використано рецептуру вершково-шоколадного мусу із заміною чорного шоколаду на рубіновий, а як структуроутворювач — агар-агар.

Рубіновий шоколад дає змогу надати збитому десерту новітнього вигляду та нових смакових якостей. Аромат більш ніжний, м'який, легкий. Незважаючи на досить високий вміст какао-продуктів, менш виражена гірчинка (вона майже повністю відсутня).

Агар володіє функціональними властивостями, знижуючи рівень холестерину в крові, нормалізує рівень глюкози в крові, кислотність шлункового соку, стимулює перистальтику кишківника, виводить солі важких металів.

Задля покращення асортименту збитих десертів розроблено рецептуру мусу вершково-шоколадного на основі рубінового шоколаду Callebaut Ruby.

У табл. 2 наводимо рецептуру розробленого мусу вершково-шоколадного «Перше побачення».

Таблиця 2. Рецептурний склад мусу вершково-шоколадного «Перше побачення» (вміст г/ на 100 г виходу страви)

Найменування рецептурних компонентів	Вміст, г	
	Брутто	Нетто
Рубіновий шоколад Callebaut Ruby	35,3	35,3

Яйця	20,5	20,5
Цукор	12,7	12,7
Вода	13,5	13,5
Вершки 33%	24,5	24,5
Агар-агар	0,01	0,01
Вихід, г	—	100

Завдяки органолептичним властивостям шоколаду Ruby розроблений мус має помірну терпкість і вершково-квітковий аромат. Органолептична оцінка мусу «Перше побачення» наведена у табл. 3.

Таблиця 3. Органолептична оцінка мусу «Перше побачення»

Показники якості	Характеристика виробу
Зовнішній вигляд	Без пошкоджень, правильної форми
Колір	Світло-рожевий
Запах	Вершково-квітковий аромат
Смак	Насичений, з легкою терпкістю
Консистенція	Однорідна, щільна

Введення до рецептури запропонованих видів сировини дає змогу отримати десерт з кращою структурою та новими смаковими властивостями. При введенні агар-агару до рецептури розробленого мусу покращились органолептичні показники, зокрема, зовнішній вигляд, смак і запах.

Розроблену технологічну схему приготування мусу «Перше побачення» наведено на рисунку.

Опис технологічного процесу приготування мусу вершково-шоколадного «Перше побачення»:

- залити холодною водою агар-агар і залишити набухати 60 хв;
- збити охолоджені вершки до густого стійкого крему. Збиті вершки накрити харчовою плівкою і залишити в холодильнику;
- шоколад розтопити на водяній бані, відставити для охолодження до температури 29—30 °С;
- яйця розділити на білки і жовтки. До жовтків додати розігрітий до 90 °С агар-агар і збити. Суміш відправити до остудженого розтопленого шоколаду і добре збити. Білки збити до м'яких, але досить стійких піків;
- у шоколадну суміш вмішати білки. Робити це необхідно поетапно, в декілька підходів, лопаткою, рухами знизу-вгору. Суміш вийде досить рідкою, але повітряною. Далі ввести так само, як і білки, збиті вершки;
- суміш порціонувати та охолодити до застигання (1—2 год); перед подаванням прикрасити ягодами.

Карту технологічного процесу виробництва на мус вершково-шоколадний «Перше побачення» наведено у табл. 4. При цьому враховуються параметри технологічного процесу і необхідне обладнання та інструментарій, що застосовується в технологічній операції.

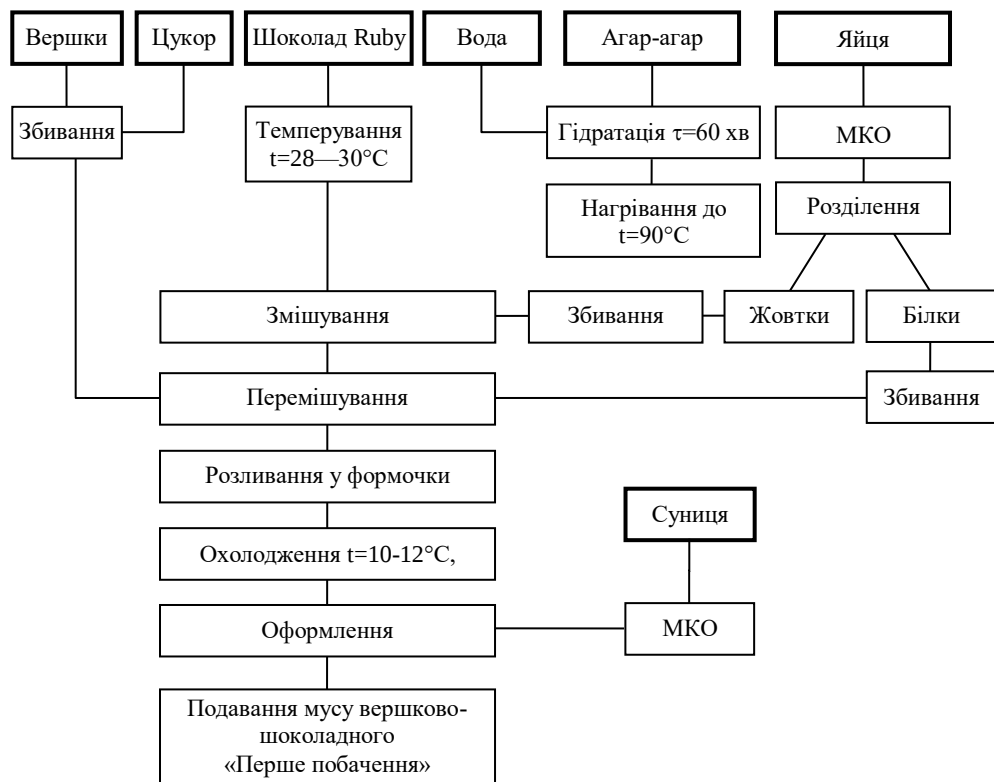


Рис. Технологічна схема приготування мусу вершково-шоколадного «Перше побачення»

Таблиця 4. Карта технологічного процесу виробництва десертної страви

Технологічна операція	Параметри технологічної операції	Результат, що отримується	Обладнання та інструментарій, що застосовується в технологічній операції
Гідратація агар-агару	$\tau=60$ хв	Рівномірне розчинення желуючого агента	Ємність для продуктів, стіл виробничий
Темперування шоколаду	$T=28—30$ °C	Рівномірне розчинення	Ємність для продуктів, плита електрична
Збивання вершків	$T=5—10$ °C	Збільшення в об'ємі	Ємність для збивання, міксер електричний
Збивання жовтків і агар-агару	$T=45$ °C	Збільшення в об'ємі	Ємність для збивання, міксер електричний
Збивання білків	$T=18$ °C	Збільшення в об'ємі	Ємність для збивання, міксер електричний
Приготування мусу			
З'єднання компонентів	$T=30$ °C	Перемішування усіх напівфабрикатів у загальній масі	Ложка для перемішування продуктів

Розливання у формочки	T=28°C	—	Формочка, стіл виробничий
Охолодження	T=5—10°C, τ=1-2 год.	Доведення страви до готовності	Холодильна камера
Підготовка ягід			
Сортування	—	Видалення екземплярів	Стіл виробничий
Миття	T= 18°C τ=30—60с	Зниження мікробного обсіменіння	Ванна мийна
Порціонування та оформлення страви	T=5°C	Підготовка до реалізації	Кремanka, десертна ложка

Драгеподібні десерти мають термін придатності 4 доби, якщо у їх складі містяться вершки, то термін скорочується до 2 діб. Температура зберігання готових виробів повинна бути не вище +8 °C, вологість — 80—85%.

Висновки

Зважаючи на популярність шоколаду у всьому світі і споживання всіма поколіннями, розглянуто перспективи розробки нової десертної продукції — мусів на основі рубінового шоколаду.

Розроблено технологію приготування збитого десерту — мус вершково-шоколадний «Перше побачення». У технології мусу запропоновано желатин замінити на агар-агар. Це дає змогу не лише зв'язати вільну вологу, але й отримати стійку структуру, насичену повітрям. Задля отримання нових смакових якостей до рецептури мусу додано рожевий шоколад *Callebaut Ruby*. На основі проведених досліджень встановлено, що заміна традиційних інгредієнтів на рубіновий шоколад та агар-агар покращує органолептичні показники якості десерту з унікальним ягідним смаком. Перспективним є розширення асортименту десертних страв із використанням рубінового шоколаду та їхнє впровадження у заклади ресторанного господарства.

Література

Пивоваров, П., Гринченко, О., Михайлов, В. та ін. (2011). *Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання*: монографія за заг. ред. П. П. Пивоварова. Харків: ХДУХТ.

Слободнюк, Р. (2013). Моделювання технології десертної продукції, виготовленої з використанням оклеїстеризованого механічно зруйнованого крохмалю, на основі методу системного аналізу. *Вісник НТУ «ХПІ»*, 26, 145—149.

Турчин, І., Гамкало, Х., Войчишин, А. (2017) Використання молочної сироватки при виробництві десертів. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького*, 19, 80, 165—168.

Taghizade, G., Jahadi, M., Abbasi, H. (2018), Physicochemical properties of probiotic soy milk chocolate mousse during refrigerated storage. *Applied food biotechnolog*, 5, 2, 79—86.

Gámbaro, A., Ellis, A. (2012). Exploring consumer perception about the different types of chocolate. *Food Technol*, 15, 307—316. <https://doi.org/10.1590/s1981-67232012005000021>.

Franco, R., Oñatibia-Astibia, A., Martínez-Pinilla, E., Franco, R. (2013). Health Benefits of Methylxanthines in Cacao and Chocolate. *Nutrients*, 5, 4159—4173. <https://doi.org/10.3390/nu5104159>.

Hasan, E., Pérez-Jiménez, Y. (2021). Labels on bars of solid chocolate and chocolate bar sweets in the Polish market: A nutritional approach and implications for the consumer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 102.

Zoumas, B., Azzara, C., Bouzas, J. (2022). Chocolate and Cocoa. *First published*, 9. <https://doi.org/10.1002/0471238961.0308150326152113>.

Arranz, S., Valderas-Martinez, P., Chiva-Blanch, G., Casas, R. (2013). Cardioprotective effects of cocoa: Clinical evidence from randomized clinical intervention trials in humans. *First published*, 5, 63. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200595>.

Engler, M. (2008). The Emerging Role of Flavonoid-Rich Cocoa and Chocolate in Cardiovascular. *Health and Disease*, 15. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2006.tb00194.x>.

Directive, E. (2000). No 36/2000 of the European parliament and of the council of 23 June 2000 Relating to cocoa and chocolate products intended for human consumption. *OJL 197*, 3, 19.

Afoakwa, E. (2010). *Chocolate Science and Technology*. Wiley Blackwell: York, 275.

Šeremet, D., Mandura, A. (2019). Ruby chocolate — bioactive potential and sensory quality characteristics compared with dark, milk and white chocolate, 234—239.

Tuentera, E., Sakavitsib, M., Rivera-Mondragón, A., Hermansa, N. (2021). Ruby chocolate: A study of its phytochemical composition and quantitative comparison with dark, milk and white chocolate. *Food Chemistry*, 1, 343.

Kumbár, V., Kouřilová, V., Dufková, R., Votava, J., Hřivná, L. (2021). Rheological and Pipe Flow Properties of Chocolate Masses at Different Temperatures. *Foods*, 238—243.

THE INFLUENCE OF PYROGENIC SILICA ON THE STABILITY OF DRY MILK WHEY DURING STORAGE

O. Vysotskyi, O. Kochubei-Lytvynenko

National University of Food Technologies

Key words:

Pyrogenic silica

Whey powder

Anti-caking food additive

Article history:

Received 12.09.2022

Received in revised form
26.09.2022

Accepted 26.10.2022

Corresponding author:

O. Kochubei-Lytvynenko

E-mail:

okolit@email.ua

ABSTRACT

The market economy system does constantly evoke the need in designing the new and improving the existent technological processes of agricultural raw procession, their innovative replenishment, using the novelty forms and methods to organize production, which, in turn, would provide its effectiveness and increase the quality and safety of food products. To use the natural resources maximally, it is necessary to widely involve the secondary resources and non-traditional raw materials to food technologies. In this case, the special attention is paid to milk whey, regarding its valuable biochemical composition, large reserves, and expedience to use it in various aggregate states.

The article considers the possibility of using hydrophilic pyrogenic silica (E-551 Silicon dioxide amorphous, TCoU 24.1-05540209-003:2010) with a specific surface area of 300 m²/gas an anti-caking food additive (ACFA). The expediency of adding it to whey powder was established, and the direct effect of ACFA on the stability of whey powder during storage was investigated. Subsequently, the glass transition temperature of experimental samples of dry whey when added in different quantities was studied, the index of sensitivity to caking and sticking was calculated, the absence of a negative effect of fumed silica on the solubility of dry milk whey and signs of non-enzymatic darkening were shown. As a result, it was determined that the addition of fumed silica in the amount of 0.8...1.0% of the total mass of dry whey reduced the risk of agglomeration of product particles.

The article contains the theoretical part of the research in the context of identifying the mechanisms of preventing caking in powdered food products, based on which the possibility of using pyrogenic silica in different proportions was analyzed. The conducted theoretical and experimental studies are of evident practical importance, because they are economically justified and are aimed at creating an affordable way to ensure the stability of the quality indicators of whey powder during storage.

ВПЛИВ ПІРОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ СІРОВАТКИ МОЛОЧНОЇ СУХОЇ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

О. О. Висоцький, О. В. Кочубей-Литвиненко

Національний університет харчових технологій

В умовах ринкової системи господарювання постійно виникає потреба в розробленні нових і вдосконаленні існуючих технологічних процесів перероблення сільськогосподарської сировини, їх інноваційного наповнення, використанні нових форм і методів організації виробництва, які забезпечують підвищення його ефективності, зростання якості та безпеки харчової продукції. З метою максимального використання природних ресурсів необхідним є широке залучення до сфери харчових технологій вторинних сировинних ресурсів і нетрадиційної сировини. З цієї точки зору особливого значення набуває молочна сироватка, зважаючи на її цінний біохімічний склад, великі резерви, доцільність застосування в різних агрегатних станах.

У статті розглянуто можливість використання гідрофільного пірогенного кремнезему (E-551 Silicon dioxide amorphous, TV Y 24.1-05540209-003:2010) з питомою поверхнею 300 м²/г як антизлежувальної харчової добавки (АЗХД). Встановлено доцільність його додавання до сироватки молочної сухої, а також досліджено безпосередній вплив АЗХД на стабільність сироватки молочної сухої під час зберігання. Проведено дослідження температури склування дослідних зразків СМС при додаванні у різних кількостях, розраховано індекс чутливості до злежування та налипання, відображено відсутність негативного впливу пірогенного кремнезему на розчинність сироватки молочної сухої та ознаки неферментативного потемніння. В результаті визначено, що додавання пірогенного кремнезему у кількості 0,8...1,0% від загальної маси СМС зменшило ризик злежування частинок продукту.

Стаття містить теоретичну частину дослідження в контексті виявлення механізмів запобігання злежуванню в порошкоподібних харчових продуктах, на основі яких було проаналізовано можливість використання пірогенного кремнезему в різних пропорціях. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження мають практичне значення, адже є економічно обґрунтованими та спрямовані на створення доступного способу забезпечення стабільності показників якості сироватки молочної сухої під час зберігання.

Ключові слова: пірогенний кремнезем, сироватка молочна суха, антизлежувальна харчова добавка.

Постановка проблеми. Актуальним технологічним завданням при виробництві всіх сухих концентрованих продуктів, зокрема й сироватки молочної сухої, є забезпечення їхньої стабільності під час зберігання. Важливість цієї проблеми посилюється тим, що суха молочна сироватка займає в Україні вагомий частку в експорті харчових продуктів, в тому числі до країн зі спекотним кліматом, що ускладнює умови гарантованого зберігання якості.

Одним із підходів, спрямованих на підвищення стабільності сухих концентрованих харчових продуктів під час зберігання, є використання антизлежувальних харчових добавок (АЗХД). Їхня дія спрямована передусім на запобігання злежуванню та адгезії частинок продукту на тверду поверхню. Згідно з Регламентом ЄС про харчові добавки (Регламент Європейського парламенту та Ради ЄС, 2008), діоксид кремнію дозволений до використання як антизлежувальна харчова добавка для сухих харчових продуктів, зокрема молочних.

У пріоритеті вибору харчових інгредієнтів на рівні з їхньою якістю та безпечністю є вітчизняне походження, що позбавить оператора ринку молочних продуктів проблем із поставками, а також сприятиме здешевленню готового продукту. В Україні пірогенний діоксид кремнію виготовляють під торговельною маркою «Орісіл» на однойменному підприємстві у місті Калуш Івано-Франківської області. Пірогенний кремнезем, який виробляється, це високодисперсний аморфний діоксид кремнію (SiO_2), отриманий шляхом полум'яного гідролізу чотирихлористого кремнію (SiCl_4). Інший український виробник пірогенного діоксиду кремнію та його модифікованих марок (пірогенний кремнезем марок А-300, А-380) — ДП «Калуський дослідно-експериментальний завод Інституту хімії поверхні НАН України ім. О. О. Чуйка». Відомості щодо використання цієї харчової добавки вітчизняного виробництва в технології молочних продуктів обмежені, закономірності її дії, науково-практичні аспекти, механізми взаємодії з компонентами молочної основи вивчено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сироватка молочна суха — концентрований харчовий продукт, який знаходиться в аморфному метастабільному стані, вразливому до змін температури і вологості в приміщенні, де його зберігають. Псування сухих продуктів під час зберігання зумовлене хімічними, біохімічними і/або фізичними змінами, в тому числі міграцією чи втратою вологи, що може спонукати до злежування, ферментативних і неферментативних реакцій, які проявляються в потемнінні продукту тощо (Karel, & Lund, 2003; Kilcast, & Subramaniam, 2000).

Значний вплив на ці процеси мають умови зовнішнього середовища (температура, відносна вологість), а також склад продукту, активна кислотність, показник активності води тощо (Schuck та ін., 2005; Silalai, & Roos, 2010).

Для підвищення якості, запобігання псуванню харчових продуктів і збільшення терміну їх придатності використовують різні технологічні заходи, нетрадиційні способи оброблення, режими переробки і зберігання. Для сухих молочних продуктів одним із прийнятних способів підвищення стійкості продукту та забезпечення стабільної якості під час зберігання є використання антизлежувальних добавок.

На сьогодні налічується багато засобів, які запобігають злежуванню та дозволені до використання в харчовій промисловості (Регламент Європейського парламенту та Ради ЄС, 2008). Такі харчові добавки, як правило, класифікують за групами: сполуки кальцію, сполуки натрію, сполуки магнію, сполуки кремнію тощо. Усі вони, як правило, отримуються з природних матеріалів. Виробники антизлежувальних добавок наголошують на додаткових перевагах, окрім збереження сипучості, зокрема мікроелементозному збагаченні готового продукту.

У (Yarici, Karakuzu-İkizler, & Yücel, 2021) описано сучасні тенденції утворення та запобігання злежуванню в порошкоподібних харчових продуктах, механізми дії антизлежувальних агентів і типи, які, зазвичай, використовуються в харчовій промисловості, зокрема при виробництві та зберіганні сухих молочних продуктів.

Антизлежувальні добавки можуть бути монокомпонентними (зокрема діоксид кремнію) і полікомпонентними. Так, канадськими науковцями запатентований антизлежувальний засіб, який зменшує липкість нарізаного шматочками або подрібненого сиру, складається з дрібнозернистого рослинного борошна, бентоніту, целюлози та антимікотичних засобів (Malireddy S. Reddy, 1996).

Існують відомості щодо використання наночастинок як антизлежувальних агентів (Afzaal, et al., 2022), що сприяють продовженню терміну придатності та роблять значний внесок у бізнес пакування завдяки їхнім антибактеріальним властивостям.

Відомо, що пірогенний кремнезем також має частинки в нанорозмірному діапазоні (Turov, 2020), що може надати такій антизлежувальній добавці нових функціонально-технологічних властивостей.

Мета статті: дослідити вплив пірогенного кремнезему вітчизняного виробництва ДП Калуський дослідно-експериментальний завод Інституту хімії поверхні НАН України ім. О. О. Чуйка на стабільність сироватки молочної сухої під час зберігання.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження обрано такі види сироватки молочної сухої:

- сироватка підсирна суха (далі — СПС), виготовлена за традиційною технологією розпилювальним сушінням;
- сироватка демінералізована суха, знесолена нанофільтрацією перед розпилювальним сушінням (СМС_{нф});
- сироватка демінералізована суха, знесолена нанофільтрацією з додаванням АЗХД у кількості від 0,3, 0,5, 0,8 та 1,0% мас. (СМС_{АЗХД}, індекс в коді зразка свідчить про кількість використаної добавки, наприклад СМС_{АЗХД 0,5}).

Як АЗХД використано гідрофільний пірогенний кремнезем (E-551 Silicon dioxide amorphous, ТУ У 24.1-05540209-003:2010) з питомою поверхнею 300 м²/г, виготовлений на ДП «Калуський дослідно-експериментальний завод Інституту хімії поверхні НАН України імені О. О. Чуйка».

Ступінь злежування сироватки молочної сухої (СЗ) визначали за методикою корпорації GEA Niro Method No. A 14 a і A 15 a (Westergaard, 2010). Сухий продукт витримували за штучно створених умов підвищеної вологості (понад 79,5%) до припинення приросту маси. Далі зразки висушували і просіювали через металеві сита з розміром чарунок 250 і 500 мкм. Ступінь злежування визначалась як частка грудочок, що не пройшли крізь сито з чарунками певного розміру.

Показник активності води (Aw) досліджували на приладі Hygrolab-2 (Rotronic, Швейцарія) за температури 25 °С.

Температуру склування (Tg) і зміну теплоємності (ΔCp) визначали за допомогою диференціального скануючого мікροкалориметра ДСМ-2М, оснащеного

комп'ютерною програмою збирання й оброблення інформації ThermCap (мова програмування Delphi) (Parniakov et al., 2018).

Ознаки неферментативного потемніння виявляли за зміною білості продукту протягом 18 місяців зберігання за стандартних умов (в герметичному пакуванні, температура $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$, відносна вологість не більше 80%). Білість оцінювали в умовних одиницях на приладі Блік-РЗ для вимірювання направленої зональної коефіцієнта відбиття променів видимого спектру в заданому інтервалі довжин хвиль, від ущільнено-згладженої поверхні сухого продукту та еталонів і визначення білості.

Індекс розчинності визначали за кількістю сирого осаду, відокремленого центрифугуванням після розчинення наважки сухого продукту.

Завершення процесу відновлення сухих продуктів визначали за методикою, запропонованою професором А. Г. Галстяном та модифікованою авторами (Кочубей-Литвиненко, 2015). Відновлені суміші за традиційного способу розчинення готували таким чином: до наважки сухої сироватки (6 г) додавали воду за температури $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$, перемішували й одразу переносили до вимірювального блоку приладу Hygrolab-2 (Rotronic, Швейцарія) та через кожні 5...10 хв проводили вимірювання. Ультразвукове відновлення дослідних зразків здійснювали за допомогою ультразвукового диспергатора Bandelin Sonopuls HD 2070 (Bandelin Electronic, Німеччина) за потужності 75%, експозиція — 5 ± 1 хвилин. Далі вимірювання проводили подібно до зразків, відновлених традиційно. В дослідних модельних сумішах під час витримування протягом 60 хв контролювали стабілізацію показника A_w , що є непрямою характеристикою кількості води, зв'язаної гідрофільними компонентами.

Викладення основних результатів досліджень. Аналіз отриманих результатів дослідження імітованого прискореного злежування сухих молочних продуктів показав найвищу схильність до злежування в сухої підсирної сироватки ($C_3 = 24,6\%$). У зразках СМСНФ ступінь злежування, визначений за розміру чарунок сита 500 мкм, наближався до 10%, а в чарунок розміром 250 мкм — 16,5%. Це характеризує їх як продукти, схильні до злежування, особливо за змінних умов зберігання. Додавання пірогенного кремнезему в кількості 0,8...1,0% від загальної маси СМС зменшило ризик злежування частинок продукту. Так, ступінь злежування за умови додавання АЗХД у кількості 1,0% становив 7,8% та 14,0% за розміру чарунок сита 500 мкм і 250 мкм відповідно. У разі додавання цієї АЗХД у кількості менш ніж 0,8% (мас.) відчутних відмінностей у показниках C_3 порівняно із СМСНФ не спостерігалось (рис. 1).

Регламентом ЄС про харчові добавки регламентовано допустиму дозу внесення діоксиду кремнію (діюча речовина пірогенного кремнезему) на рівні 10000 мг/кг до маси продукту, тому вплив від додавання кількості АЗХД понад 1% не розглядався.

Доведено відмінність дослідного зразка СМС_{АЗХД} та зразків порівняння за температурою склування та показником активності води (табл. 1). Так, контрольний зразок СМСНФ мав найнижче значення T_g . Додавання до СМС пірогенного кремнезему у кількості $0,9 \pm 0,1\%$ спричиняло підвищення температури склування на 10°C .

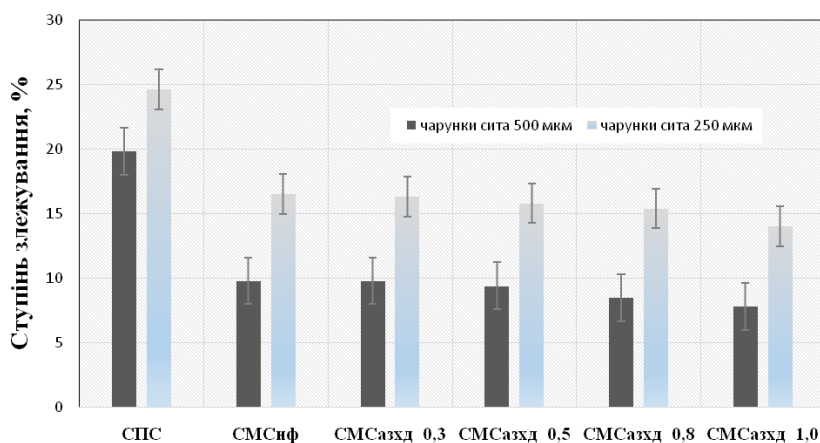


Рис. 1. Ступінь злежування дослідних зразків сироватки молочної сухої з додаванням різної кількості пірогенного кремнезему

Таблиця 1. Температура склопереходу сироватки молочної сухої (Kochubei-Lytvynenko O., 2016)

Дослідний зразок	Вологовміст, г/г сух. реч.	Активність води, відн. од.	Температура склування, Tg, °C
СМС _{нф}	0,044±0,002	0,196±0,01	-3,0±0,2
СМС _{азхд}	0,034±0,001	0,187±0,01	+6,8±0,2

Отримані дані вказують на те, що за нормованих в Україні режимів зберігання (від 0 до 20 °C) СМСАЗХД перебуватиме переважно в склоподібному стані, а отже, буде стійкою до зберігання. Зазначене доведено розрахунком індексу чутливості до злежування та налипання (індекс SCS) й експериментальними даними ступеня злежування (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2. Прогнозування поведінки СМС під час фасування, транспортування, зберігання за значеннями $[T - T_g]$ і ΔC_p

Дослідний зразок	ΔC_p , Дж/(г·K)	Характеристики налипання		Характеристики злежування		Ступінь злежування, % (експеримент)
		$[T - T_g]$, °C	Індекс SCS (розрахунок)	$[T - T_g]$, °C	Індекс SCS (розрахунок)	
СМС _{нф}	0,38±0,01	33,0	8	23,0	7	10,0±0,5
СМС _{азхд}	0,32±0,01	23,2	7	13,2	5	7,8±0,2

Відомо, що значення індексу SCS дає змогу передбачати поведінку сухого продукту під час сушіння, транспортування та зберігання від найбільш сприятливого випадку (індекс SCS ≤ 4: немає липкості та/або злежування) до несприятливого перебігу (індекс SCS ≥ 6: від високої до дуже високої адгезійної здатності та/або небезпеки злипання) (Schuck et al., 2005). Для розрахунків з метою прогнозування поведінки продукту під час фасування, транспортування та зберігання було прийнято такі значення температур СМС (T): на виході із сушарки — +30 °C;

зберігання — $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отримані розрахункові дані підтвердили найвищу здатність до злежування (індекс $\text{SCS}_{\text{Зл}} = 7$) та високі адгезійні властивості (індекс $\text{SCS}_{\text{Адг}} = 8$) у СМЧФ, тоді як за додавання пірогенного кремнезему в кількості $0,9 \pm 0,1\%$ до загальної маси СМЧФ прогнозованим буде зменшення ризику злежування (індекс $\text{SCS}_{\text{Зл}} = 5$) та незначне зниження адгезійної здатності (індекс $\text{SCS}_{\text{Адг}} = 7$) (табл. 2, рис. 1).

Результати досліджень та індекси SCS, розраховані на їх підставі, повністю узгоджувались із спостереженнями за дослідними зразками під час зберігання за температури $(18 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості повітря не більш як 80%.

Корисною характеристикою стабільності під час зберігання, яка стане в нагоді під час подальшого перероблення сухої сироватки, є виявлення ознак неферментативного потемніння за показником білості. Втрата білості свідчить про проходження реакції Маяра (взаємодія редукувальних цукрів з амінокислотами), яка, як відомо, не уповільнюється навіть за низького вмісту води на відміну від інших біохімічних процесів (Kilcast, & Subramaniam, 2000). Утворення меланоїдинів у сухому молочному продукті супроводжується не тільки його потемнінням, але й появою неприємного специфічного присмаку і запаху та зниженням розчинності.

Результати проведених досліджень щодо ознак неферментативного потемніння в дослідних зразках СМС_{АЗХД} в порівняльному аспекті з іншими зразками сироватки молочної сухої представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Встановлення ознак неферментативного потемніння дослідних зразків сироватки молочної сухої під час зберігання за стандартних умов

Дослідний зразок	Білість СМС, відн. од., термін зберігання, місяців:					
	щойно виготовлена	1	6	8	12	18
СПС	$85,3 \pm 3,0$	$85,3 \pm 3,0$	$75,1 \pm 3,0$	$72,8 \pm 3,0$	$69,0 \pm 3,0$	$57,0 \pm 3,0$
СМС _{нф}	$90,6 \pm 2,0$	$90,6 \pm 2,0$	$83,6 \pm 2,0$	$80,1 \pm 2,0$	$79,0 \pm 2,0$	$72,0 \pm 2,0$
СМС _{АЗХД 1,0}	$90,4 \pm 1,0$	$90,4 \pm 1,0$	$89,7 \pm 2,0$	$87,1 \pm 2,0$	$84,3 \pm 2,0$	$80,0 \pm 1,0$
СМС _{ед}	$87,8 \pm 3,0$	$87,8 \pm 3,0$	$75,6 \pm 3,0$	$74,1 \pm 3,0$	$71,8 \pm 2,0$	$60,0 \pm 3,0$

Примітка. СМС_{ед} — це сироватка молочна суха, знесолена на електродіалізній установці перед розпилювальним сушінням. У цьому досліді її використано для розширення порівняльної бази зразків різних видів сухої сироватки, представленої на ринку товарів.

Додавання пірогенного кремнезему не мало суттєвого впливу на показник білості сухого продукту. Протягом 18 місяців зберігання білість усіх дослідних зразків дещо змінювалася в бік зниження, проте в СМС_{АЗХД} така зміна була менш помітна порівняно з рештою зразків СМС, виготовлених за різними технологіями без та з використанням знесолення перед сушінням.

Слід відмітити, що ознаки неферментативного потемніння в зразках СМС_{АЗХД} були менш помітними порівняно із зразками навіть через 18 місяців зберігання в герметичному пакуванні за температури $(18 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості не більше 80%. Білість становила $79,0 \dots 81,0$ ум. од.

Враховуючи, що сфера майбутнього використання сухої молочної сироватки може бути пов'язана з її відновленням, наприклад, при виробництві напоїв, тому не менш важливим є дослідження впливу пірогенного кремнезему на здатність сухої сироватки до відновлення без негативного впливу на розчинність продукту.

Індекс розчинності дослідних зразків СМС_{АЗХД} відрізнявся від зразків порівняння (СМС_{НФ}) в середньому на $0,1 \pm 0,02\%$, що зумовлено наявністю нерозчинних частинок пірогенного кремнезему. Враховуючи об'єктивні причини такої відмінності, які не позначаються на якості продукту, слід робити певну поправку на цей показник в рекомендаціях промисловості.

На користь відсутності негативного впливу пірогенного кремнезему на розчинність сироватки молочної сухої свідчать результати визначення завершеності процесу відновлення сухих продуктів. Цей показник для СМС_{АЗХД}, виготовленого шляхом додавання до СМС_{НФ} пірогенного кремнезему в кількості $0,9 \pm 0,1\%$ мас., визначали як за традиційного способу розчинення (температура відновлення $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$), так і за прискореного способу — ультразвукового кавітаційного оброблення (за допомогою ультразвукового диспергатора Bandelin Sonopuls HD 2070) в порівняльному аспекті з контрольним зразком СМС_{НФ}.

Встановлено, що для обох зразків порівняння, за обома поширеними у промисловості способами розчинення сухих молочних продуктів стабілізація показника активності води досягалася практично в той самий час, хоча за ультразвукового оброблення спостерігалася незначна відмінність. Так, за традиційного відновлення фіксувалося завершення процесу розчинення СМС через 80 ± 5 хв. За ультразвукового оброблення відновлювальних сумішей сухої сироватки процес був інтенсифікованим і завершувався через 15 ± 2 хв для СМС_{НФ} та через 10 ± 2 хв для СМС_{АЗХД}. Це вкотре засвідчило відсутність суттєвого негативного впливу АЗХД на процеси розчинення сироватки молочної сухої. Навпаки, під час ультразвукового відновлення пірогенний кремнезем завдяки своїм вологозв'язувальним властивостям сприяє незначному прискоренню процесу відновлення.

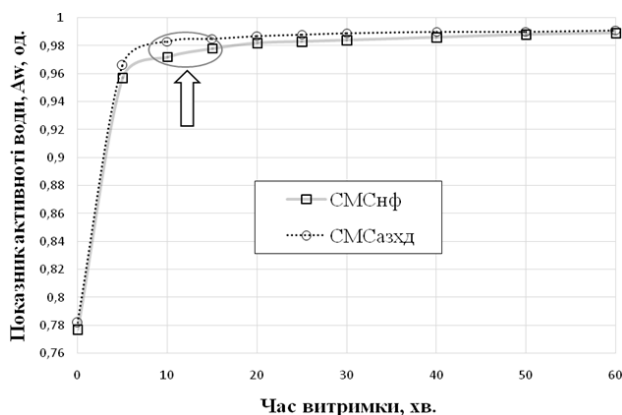


Рис. 2. Динаміка стабілізації показника активності води зразків СМС_{НФ} та СМС_{АЗХД} відновлених на ультразвуковому диспергаторі

Висновки

Завдяки проведеним дослідженням доведено доцільність додавання пірогенного кремнезему вітчизняного виробництва марки «А-300» до маси сухої молочної сироватки з метою підвищення її стабільності під час зберігання, а саме:

- встановлено, що пірогенний кремнезем у кількості $0,9 \pm 0,1\%$ (мас.) уповільнює процес самоущільнення та злежування під час довготривалого зберігання. Ступінь злежування, визначена за використання сит з розміром чарунок 500 мкм, становить $8,1 \pm 0,2\%$, що характеризує продукт як не схильний до злежування;

- дослідженнями температури склування дослідних зразків СМС доведено, що СМСАЗХД перебуватиме переважно в склоподібному стані за нормованих в Україні режимів зберігання (від 0 до 20 °С, відносна вологість не більше ніж 80%), а отже, буде стійкою до зберігання;

- розрахунком індексу чутливості до злежування та налипання й експериментальними даними ступеня злежування підтверджено, що за додавання пірогенного кремнезему у кількості $0,9 \pm 0,1\%$ до загальної маси СМСНФ прогнозованим буде зменшення ризику злежування (індекс $SCS_{Зл} = 5$) та незначне зниження адгезійної здатності (індекс $SCS_{Адг} = 7$);

- показано відсутність негативного впливу пірогенного кремнезему вітчизняного виробництва на розчинність сироватки молочної сухої та ознаки неферментативного потемніння.

Отже, пірогенний кремнезем з питомою поверхнею 300 м²/г, виготовлений на ДП «Калуський дослідно-експериментальний завод Інституту хімії поверхні НАН України імені О. О. Чуйка», може бути рекомендований як антизлежувальна добавка для сироватки молочної сухої.

Отримані результати мають практичне значення, оскільки пропонують доступний спосіб забезпечення стабільності показників якості сироватки молочної сухої під час зберігання.

Література

Кочубей-Литвиненко, О. В., Маринін, А. І. Красуля, О. М. (2015). Дослідження ефективності відновлення сухих коцентратів із молочної сироватки ультразвуковим обробленням. *Продовольчі ресурси: зб. наук. праць*, 4, 32—39.

Регламент Європейського парламенту та Ради ЄС від 16 грудня 2008 р/ № 1333/2008 Про харчові добавки. Взято з: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_028-08#Text.

Afzaal, M. et al. (2022). Anticaking Agents in Food Nanotechnology. In: Egbuna, C., Jeevanandam, J., C. Patrick-Iwuanyanwu, K., N. Onyeike, E. (eds) *Application of Nanotechnology in Food Science, Processing and Packaging*. Springer, Cham. Взято з: https://doi.org/10.1007/978-3-030-98820-3_9.

Anticaking agent for dairy products: Patent Canada CA2202901A1 / Inventor: Malireddy S. Reddy. Publ. 25.04.1996. Взято з: <https://patents.google.com/patent/CA2202901A1/en>.

Karel, M., Lund, D. B. (2003). *Physical principles of food preservation. 2th edition, revised and expanded*. New York: Marcel Dekker.

Kilcast, D. Subramaniam, P. (2000) *The Stability and Shelf-Life of Food*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton, Washington DC.

Kochubei-Lytvynenko, O., Mykhailik, V. Ukrainets, A. (2016). The use of glass transition temperature in forecasting of whey powder storage stability, obtained with the use of electro-spark treatment. *Food and Environment Safety*, XV (1), 76—83.

Pamiakov, O., Bals, O., Barba, F. J., Mykhailik, V., Lebovka, N. Vorobiev, E. (2018). Application of differential scanning calorimetry to estimate quality and nutritional properties of food products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58 (3), 362—385.

Schuck, P., Blanchard, E., Dolivet, A., Méjean, S., Onillon, E. Jeantet, R. (2005). Water activity and glass transition in dairy ingredients. *Lait*, 85, 295—304.

Silalai, N., Roos, Y. H. (2010). Roles of water and solids composition in the control of glass transition and stickiness of milk powders. *Journal of Food Science*, 75 (5), 285—296.

Westergaard, V. (2010). *Milk Powder Technology*. Copenhagen: GEA Niro.

Yapıcı, E., Karakuzu-Ikizler, B. Yücel, S. (2021). *Anticaking Additives for Food Powders*. Springer, Cham. Взято з https://doi.org/10.1007/978-3-030-48908-3_6.

Turov, V. V., Gun'ko, V. M., Krupskaya, T. V., Andriyko, L. S., Marynin, A. I. Pasichnyi, V. N. (2020). Thixotropic system based on mixture of hydrophilic and hydrophobic silica. *Chemistry, Physics & Technology of Surface*, 11 (4), 456—469.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць (<http://sw.nuft.edu.ua>).

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В. І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету. Автор надає право редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути видана лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

На електронну адресу журналу (prnuht@ukr.net) необхідно надіслати такі документи:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія не обов'язкова;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруківок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word). У тексті статті не повинно бути порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

Обсяг дослідницької статті має бути не менше 10 сторінок (без урахування анотацій та списку використаних джерел). У дослідницькій статті має бути проаналізовано не менше 15 джерел. Обсяг оглядової статті має бути не менше 25 сторінок (без урахування анотацій та списку використаних джерел). В оглядовій статті повинно бути проаналізовано не менше 40 джерел.

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською та українською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською та українською мовами.
4. Анотація англійською та українською мовами (не менше 1800 символів з пробілами). Анотація має бути максимально інформативною, це окремий текстовий документ, у якому лаконічно викладені результати дослідження. У тексті анотації не варто використовувати загальні фрази, вказувати несуттєві деталі й загальновідомі положення. Також слід уникати прямих повторів будь-яких фрагментів статті.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - формулювання мети статті;
 - викладення основних результатів дослідження;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному порядку наводиться список літературних. **Бібліографічні описи оформляються згідно з міжнародним стилем APA.** Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Наприкінці кожної публікації наводиться ідентифікатор DOI у форматі <https://doi.org/.....>, якщо він є, або посилання на публікацію. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора. Не можна посилатись на національні стандарти, технічні умови, підручники, конспекти лекцій, лабораторні практикуми та іншу ненаукову літературу. Посилання на патенти слід робити в тексті статті, вказавши лише номер та назву патенту.

У статті мають бути проаналізовані напрацювання вчених з усього світу. На основі аналізу сучасних статей з англomовних журналів має бути доведена актуальність теми у світі, визначені питання, які потребують вирішення, сформульована мета дослідження.

8. Таблиці (у Word або Excel) можна подавати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Слово «Таблиця» і номер друкуються курсивом, заголовок — напівжирним шрифтом. Таблиці повинні мати книжковий формат і вільно вміщатися у висоту і ширину журнальної сторінки.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмах-редакторах Corel Draw X6, Origin. Всі елементи рисунка (типи, товщина і колір ліній, шрифт текстів тощо) мають вільно редагуватися у наявному програмному забезпеченні). Рисунки в растрових форматах (bmp, gif, jpeg, tif) або у форматі pdf не приймаються до розгляду, оскільки не можуть вільно редагуватися. **Вимоги до оформлення рисунків:** вісь координат — 0,2 мм, без сітки, сам рисунок (наприклад, крива) — 0,35 мм, текст в рисунку — Times New Roman 9,5, ширина рисунка — до 13 см. Всі рисунки мають бути чорно-білими. Підписи до рисунків набираються безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються в разі крайньої потреби, якщо наведена на них інформація має значну наукову цінність. Авторам краще завантажити фотографії у хмарний сервіс і в списку літератури дати на них посилання.

10. Математичні формули повинні бути роздруковані з правильним виділенням верхніх і нижніх індексів. Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки. Індеси від скорочених українських слів друкуються прямим шрифтом малими літерами. В індексах, що складаються з двох скорочених слів, після першого скороченого слова ставиться крапка, після другого — крапка не ставиться. Цифри в індексах також друкуються прямим шрифтом. Індеси, позначені латинськими літерами, друкуються курсивом. У формулах літери латинського алфавіту набираються курсивом, грецького й українського — прямим шрифтом.

Хімічні формули набираються прямим шрифтом. Математичні символи, що входять до складу хімічних формул, — курсивом.

Формули вставляються безпосередньо в текст. Прості формули набираються з клавіатури, а складні — за допомогою редактора формул Microsoft Equation 3.0 object або Math Type 5.6. Інші версії редакторів формул є неприйнятними. Символи вставляються тільки через таблицю символів. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

11. Відомості про авторів статті повинні бути наведені за єдиним зразком у вказаному порядку: прізвище (прописними літерами), ім'я та ім'я по батькові (повністю); наукове звання; посада чи професія, місце роботи; телефон, E-mail.

12. Дата надходження статті до редакції (після тексту надрукованого матеріалу).

Використання автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, ключових слів) **не допускається**. Переклад має бути належної якості.

Відсутність будь-якого з пунктів переліку, зазначеного вище, рецензії, невідповідність вимогам до оформлення, наявність орфографічних, граматичних, стилістичних помилок, автоматичний переклад елементів матеріалу є підставою для **відмови** в прийнятті статті до друку.

Автор несе відповідальність за додержання вимог чинного законодавства при підготовці матеріалів, у тому числі норм авторського права і достовірність наведених фактичних даних (цитат, посилань, імен, назв тощо).

Адреса редакції:

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Контактні телефони: міський — (044) 287-92-95, внутрішній — 92-95.
E-mail: npnuht@ukr.net

SUBMISSION GUIDELINES

Dear colleagues,

The editorial board of the Journal “Scientific works of the National University of Food Technologies” invites you to the publication of your manuscripts (<http://sw.nuft.edu.ua>).

Only the manuscripts that have not previously been published in print and electronic media are accepted. The author who submits materials for publication reserves the copyright and provides the right of first publication to the Journal, allows to distribute the manuscript indicating the authorship and the primary source of publication and agrees to placing the electronic version of the manuscript on the website of the V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, publicly available electronic network of the University. The author gives the right to the editorial board to review and reject the material submitted for publication. The author can publish one manuscript (of his/her single authorship or co-authored) per every issue of the Journal.

The following documents are necessary to be sent to the e-mail address of the journal (npuht@ukr.net):

- Electronic version of the manuscript;
- A review of the manuscript by a doctorate of the corresponding branch of science. If one of the authors is a doctorate him/herself, then a review is not necessary;
- A statement signed by the author(s) that the manuscript has not been published and is not submitted for publication.

REQUIREMENTS FOR MANUSCRIPTS

The electronic version should be submitted in a Microsoft Word document (margins of 2 cm, Time New Roman, type size 14, spacing 1.5). There should be no blank lines in the manuscript. No extra spaces are allowed between the words. All pages of the manuscript should be numbered.

The number of pages of the research article should be at least 10 (excluding abstracts and references). At least 15 references should be analyzed in the research paper. The length of the review article should be at least 25 pages (excluding abstracts and references). At least 40 references should be analyzed in the review article.

The use of automatic translation for any part of your text (manuscript, abstract, keywords) is not allowed. Translation must be of good quality.

The editors reserve the right to edit the manuscript scientifically and literary.

SEQUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE MANUSCRIPT

1. UDC index.
2. The title of the manuscript (in English, Ukrainian).
3. Full names of the authors in English, Ukrainian (not more than four authors).
4. An abstract in English, Ukrainian (not less than 1800 characters with spaces). The abstract should be highly informative, it is a separate text document in which the results of the research must be summarized. General phrases, insignificant details and well-known provisions shouldn't be written in the abstract. Direct repetitions of any parts of the article should be also avoided.
5. A list of keywords (5—6 words or key phrases in English, Ukrainian).
6. The structure of the text:
 - Problem definition and its relationship with important practical tasks;
 - Analysis of recent studies and publications related to subject matter of the manuscript;
 - Problem statement (statement of purpose of the manuscript);
 - Presentation of the main material;
 - Conclusions and recommendations for further research.
7. A list of references of their quotation should be presented after the text of the manuscript.

Bibliographic descriptions should be made according to international style APA. Bibliographic descriptions should be submitted in the language of their edition. Links to unpublished materials are not allowed. The list of references should contain links only to recent and relevant studies. At the end of each reference, the DOI identifier is provided in the format <https://doi.org/>, if it is, or a link to the publication. National standards, specifications, textbooks, lecture notes, laboratory workshops and other non-scientific literature must not be referenced. References to patents should be made in the text

of the article, indicating only the number and title of the patent. In the list of references, the sources should be presented in alphabetical order.

The investigations of scientists from all over the world should be analyzed in the article. Based on the analysis of modern articles from English-language journals, the relevance of the topic in the world should be proved, the issues which need to be solved should be identified, and the purpose of the research should be formulated.

8. Tables (in Word and Excel) can be submitted both in the text of the manuscript and in separate files (on separate pages). Each table should have a title, typed in bold, and its serial number if there are several tables. The word “Table” and number are printed in italics; the title is printed in bold. Tables should be in book format and fit freely in the height and width of the journal page.

9. Figures, images and tables should be performed in Corel Draw, Origin on white paper and placed both in the text and in separate files. Captions should be typed in bold directly under the figures. Images must be clear and contrasting (TIF, JPG with a resolution of 300 dpi); the size 6□9. Photos are printed in case of extreme necessity, if they provide information of the significant scientific value.

10. Mathematical formulas should be typed with the correct placing of upper and lower indices. The formulas should be numbered by Arabic numerals in parentheses at the right margin of the page. The indices of Ukrainian abbreviated words should be typed in bold and in lower case. The first word of an index, consisting of two abbreviated words, should be followed by a dot, and the second word has no dot. The numbers in the indexes are typed in upright font. Indexes should be typed in Latin letters and in italics. In formulas, the letters of Latin alphabet are typed in italics; Greek and Ukrainian letters are in upright font.

Chemical formulas should be typed in upright font. Mathematical symbols that make up the chemical formulas should be typed in italics.

Formulas should be put directly into the text. Simple formulas are typed from the keyboard, and complex — using the Microsoft Equation 3.0 object or MathType 5.6. Other equation editors are unacceptable. The characters are inserted only through the symbol table. The contraction of physical units must comply with the rules of the International System of Units (SI).

11. Information about the authors should be given as follows: second name (in uppercase letters), first name and patronymic (in full); academic title; position or profession, place of work; phone number, E-mail.

12. The date when the manuscript was received by the editorial board.

The use of **automatic translation** for any part of your text (manuscript, abstract, keywords) **is not allowed**. Translation must be of good quality.

The absence of any item listed above; absence of abstracts; non-compliance to the design requirements; spelling, grammatical, stylistic errors; automatic translation of any part of the manuscript are the grounds **for refusal** to accept the manuscript for publication.

The author is fully responsible for compliance with current legislation, including the rules of copyright and the consistency of data (quotations, references, names, etc.).

Editorial office address:

National University of Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B,
room 412
01601 Kyiv,
Ukraine
E-mail: npnuht@ukr.net