



2020

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 26 № 5

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

КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2020

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research 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 29th of October, 2020

© NUFT, 2020

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних 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 29 жовтня 2020 року

© НУХТ, 2020

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Olexander 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 Гедре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

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

Атанаска Тенева

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

Віктор Доценко

Victor Dotsenko

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

Володимир Іванов

Volodymyr Ivanov

д-р біол. наук, проф., Україна

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

Галина Колісник

д-р екон. наук, проф., Україна

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

ЗМІСТ
Безпека харчових продуктів
і охорона праці

Українець А. І., *Большак Ю. В., Маринін А. І., Казанов В. Я., Святненко Р. С.* Вода: між довкіллям і життям

Біотехнології

Пирог Т. П., Ключка Л. В., Ключка І. В., Антонюк С. І., Бахтій О. Л., Жалюк Д. В. Синергізм антимікробної активності суміші поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 з іншими біоцидними сполуками

Юнгін О. С., Майстренко Л. А., Ребрикова П. А., Дука І. В. Здатність штамів *S. aureus* формувати біоплівки на колагенових матрицях

Данилкович А. Г., Ліщук В. І. Формування гідрофобізованих шкіряних і хутрових матеріалів

Потапенко В. В., Скроцька О. І. Отримання практично цінних сполук з використанням рекомбінантних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Частина 1: синтез етанолу, бутанолу та ізобутанолу

Касьяненко Л. М., Демидов І. М., Шеманська Є. І. Одержання мастил із жирової сировини

Механічна та електрична інженерія

Бабанова О. І., Бабанов І. Г., Шевченко А. О. Інтенсифікація виробництва сухих тваринних кормів з метою удосконалення обладнання

Якимчук М. В., Гавва О. М., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В., Якимчук В. М. Вплив інерційних і геометричних параметрів вакуумних захоплювальних пристроїв на допустиме зусилля утримання тарно-штучних вантажів

Соколенко А. І., Шевченко О. Ю., Костюк В. С., Литвинчук С. І. Інтенсифікація масопередачі в газорідних системах

Харчові технології

Юкало В. Г., Сторож Л. А., Семенишин Г. М. Протеоліз казеїнових фракцій ензимами лактококів

Іщенко В. М., Охмакевич А. М., Іщенко М. В., Панчук Т. К. Визначення йонного кальцію у вині

Михайлов В. М., Загорулько О. С., Загорулько А. М., Касабова К. Р. Технологічно-апаратурне вдосконалення процесів виробництва купажованих плодово-ягідних напівфабрикатів

CONTENTS
Food Products Safety
and Occupational Health

Ukrainets A., *Bolshak Yu., Marynin A., Kaganov V., Svyatnenko R.* Water: between the environment and life

Biotechnology

Pirog T., Kliuchka L., Kliuchka I., Antoniuk S., Bakhtii O., Zhaliuk D. Synergism of the antimicrobial activity of the mixture of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 surfactants with other biocidal compounds

Jungin O., Maistrenko L., Rebrykova P., Duka I. Biofilm-formation ability of *S. aureus* on collagen matrices

Danylkovych A., Lishchuk V. Production of hydrophobized leather and fur materials

Potapenko V., Skrotska O. Obtaining practically valuable compounds with the use of recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Part one: synthesis of ethanol, butanol and isobutanol

Kasianenko L., Demidov I., Shemanskaya Y. Obtaining lubricants based on fatty raw materials

Mechanical and Electrical Engineering

Babanova E., Babanov I., Shevchenko A. Intensification of dry animal feed production for the purpose of improving the equipment

Yakymchuk M., Gavva O., Kryvoplyas-Volodina L., Tokarchuk S., Yakymchuk V. Influence of inertial and geometrical parameters of vacuum capturing devices on permissible efforts for maintenance of containerized artificial cargo

Sokolenko A., Shevchenko O., Kostyuk V., Litvinchuk S. Mass transmission intensification in gas-liquid systems

Food Technology

Yukalo V., Storozh L., Semenyshyn G. Casein fractions proteolysis by lactococcus enzymes

Ischenko V., Ohmakevich A., Ischenko M., Panchuk T. Determination of calcium ions in wine

Mykhaylov V., Zagorulko O., Zahorulko A., Kasabova K. Technological and apparatus improvement of the production processes of blended fruit and berry semi-finished products

- Белінська К. О., Фалендиш Н. О.* Дослідження впливу температури сушіння на органолептичні показники та хімічний склад молока 113
- Ощчипок І. М.* Технологічні режими безпечної обробки м'ясної сировини під вакуумом 123
- Красуля О. О., Олінчук В. П.* Технологія плавлених сирів з використанням сухого сироваткового білкового концентрату 130
- Применко В. Г., Геліх А. О., Головка М. П., Головка Т. М.* Технологія кетчупу, збагаченого селеном 138
- Паска М. З., Радзімовська О. В., Бурак М. І.* Розробка нових видів делікатесних продуктів спеціального призначення 149
- Котляр С. О., Вікуль С. І., Севастьянова О. В., Дец Н. О., Кручек О. А.* Технологія косметичного лосьйону на основі водно-спиртового екстракту з м'ятки виноградного насіння 156
- Сімахіна Г. О., Науменко Н. В.* Оптимальний підбір амінокислот для подолання білкового дефіциту 170
- Кочубей-Литвиненко О. В., Білик О. А., Дубівко А. С., Висоцький О. О., Швець Д. П.* Дослідження впливу електроіскрового оброблення на білки молочної сироватки 182
- Борук С. Д.* Антиоксидантна здатність та органолептичні характеристики кондитерських виробів з додаванням какао і керобів 190
- Belinska K., Falendysh N.* Investigation of the influence of drying temperature on organoleptic indicators and chemical composition of milk 113
- Oshchypok I.* Technological modes of safe processing of raw meat under vacuum 123
- Krasulya O., Olinchuk V.* Technology of processed cheeses using dry whey protein concentrate 130
- Prymenko V., Gelikh A., Golovko M., Golovko T.* The technology of ketchup enriched with selenium 138
- Paska M., Radzimovska O., Byrak M.* Development of new types of special purpose delicacy products 149
- Kotliar Ye., Vikul S., Sevastyanova E., Dets N., Kruchek O.* Technology of a cosmetic lotion based on hydroalcoholic extract from crushed grape seeds 156
- Simakhina G., Naumenko N.* The optimal selection of amino acids to overcome the protein deficit 170
- Kochubey-Lytvynenko O., Bilyk O., Dubivko A., Vysotskyi O., Shvets D.* Study of the influence of electro-spark treatment on whey protein 182
- Boruk S.* Antioxidant capacity and organoleptic characteristics of confectionery with cocoa and cerobics 190

WATER: BETWEEN THE ENVIRONMENT AND LIFE

A. Ukrainets, Yu. Bolshak, A. Marynin, V. Kaganov, R. Svyatnenko
National University of Food Technologies

Key words:

Structural-energy state of water
Electron-donor state of water
Physiological response
Redox-state
Aeroions

Article history:

Received 04.09.2020
Received in revised form 18.09.2020
Accepted 02.10.2020

Corresponding author:

A. Marynin

E-mail:

andrii_marynin@ukr.net

ABSTRACT

Water is ubiquitous in the environment and it is the basis of life. Due to the extremely high sensitivity of the structural and energy state of water to various natural factors from the environment, water acts as a mediator between the state of the environment and the functional state of biological organisms on the Earth. In the undisturbed environment there was a constant replenishment of the electronic component of the external and intracellular environment of living organisms, which are in the restorative electron-donor natural state, due to air supply during respiration of electrons in the composition of aeroions (oxygen superoxide anions (O_2^-)), drinking water supply in a reducing redox state, as well as with natural food products enriched with electrons (mostly fresh vegetables and fruit).

The technology of wireless communication, which irradiates the population from early childhood, is developing rapidly. Meanwhile, it has been found that the range of millimeter wavelengths on which cellular communication works, Wi-Fi devices, Bluetooth, etc., coincides with the wavelength range of electromagnetic radiation in which such radiation is intensely absorbed and reemitted by hydrated biomolecules of the medium. And these phenomena play a significant signal and bioregulatory role in the physiology of life.

That is why the paper considers changes in the structural and energy state of water in the environment and the impact of these changes on the structural and energy state of intracellular water, which in a special structured state is a part of cell biomolecules.

The response of physicochemical parameters of distilled water to irradiation with an ordinary smartphone in conditions identical to the actual irradiation of the organism has been studied. Intensive structural cyclic rearrangement of irradiated water was detected immediately after turning off the smartphone. The potential risk of the studied effects on the normal course of physiological processes in cells was indicated.

ВОДА: МІЖ ДОВКІЛЛЯМ І ЖИТТЯМ

**А. І. Українець, Ю. В. Большак,
А. І. Маринін, В. Я. Каганов, Р. С. Святненко**
Національний університет харчових технологій

Вода всюдисуца у довкіллі і є основою життя. Завдяки надзвичайно високій чутливості структурно-енергетичного стану до різноманітних природних чинників з боку довкілля вода виступає в ролі посередника між станом довкілля і функціональним станом біологічних організмів на Землі.

У не порушеному довкіллі відбувалося постійне поповнення електронної компоненти зовнішньо- та внутрішньоклітинного середовища живих організмів, які знаходяться у відновному електроннодонорному природному стані, через надходження з повітрям при диханні електронів у складі аеройонів (супероксид-аніонів кисню (O_2^-)), питної води у відновному редокс-стані, а також з природними продуктами харчування, збагаченими електронами (переважно свіжими овочами та фруктами).

Ситуацію змінило техногенне забруднення повітря, питної води та продуктів харчування шкідливими для здоров'я катіонами, активними радикальними формами кисню (АФК), органічними ксенобіотиками. Людство занурилося у всюдисущий електромагнітний «смог». Засоби бездротового зв'язку опромінюють населення з раннього дитинства. Міліметрові хвилі, на яких працює стільниковий зв'язок, пристрої WiFi, Bluetooth тощо тотожні хвилям електромагнітного випромінювання, які інтенсивно взаємодіють з гідратованими біомолекулами клітинного середовища, що відіграє суттєву сигнальну та біорегуляторну роль у фізіології життєдіяльності.

У статті розглянуто зміни структурно-енергетичного стану води в довкіллі і вплив цих змін на структурно-енергетичний стан клітинної води, яка в особливому структурованому стані входить до складу біомолекул.

Досліджено відгук фізико-хімічних параметрів дистильованої води на опромінення звичайним смартфоном в умовах, тотожних реальному опроміненню організму. Виявлено інтенсивну структурну циклічну перебудову опроміненої води одразу після відключення смартфона. Вказано на потенційний ризик досліджених ефектів на нормальний перебіг фізіологічних процесів у клітинах.

Ключові слова: *структура води, структурно-енергетичний стан води, фізіологічний відгук, електроннодонорний стан води, редокс-стан, аерофони.*

Постановка проблеми. Електромагнітні хвилі техногенного походження створюють неконтрольоване навантаження на довкілля, особливо на біосферу. Найбільше це стосується людини, яка створила джерела електромагнітного випромінювання (ЕМВ), і води, яка є посередником між довкіллям та організмом. Вода є чутливим приймачем, накопичувачем, перетворювачем і ретранслятором енергії зовнішнього фізичної дії на неї. Ендогенна вода організму сприймає значні дози від опромінення мобільних телефонів та інших пристроїв бездротового зв'язку. Біомолекули клітин надзвичайно чутливі до ЕМ випромінювання вкрай високих частот (ВВЧ) хвиль наднизької (інформаційної) інтенсивності.

Тривожним є також те, що значні обсяги води та харчових продуктів підлягають обробці у мірохвильових пічках, хоча повна безпечність такої обробки остаточно не доведена. Тож дослідження змін фізико-хімічних параметрів води в довіллі після зовнішнього безреагентного впливу на неї природних і техногенних чинників та особливостей біологічного відгуку на вживання зміненої води організмів мешканців довіллі є актуальним.

Мета дослідження: вивчення закономірностей впливу на фізико-хімічні показники структурно-енергетичного стану води зовнішніх фізичних чинників довіллі й біологічних наслідків цього впливу на організм людини.

Викладення основних результатів дослідження. Повсюдність води є фундаментальною і життєдайною властивістю довіллі. Вода також унікальна структуроутворюючою природою, тобто здатністю до самочинного утворення асоціатів з молекул води. Завдяки здатності молекул води взаємодіяти з оточуючими її полярними речовинами, вже в наступний момент після «вивільнення» молекула води втрачає свою індивідуальність. Така неймовірна здатність до взаємодії з оточуючими речовинами та фізичними полями робить воду універсальним посередником між її молекулами та речовинами, що межують з ними, біомолекулами живих клітин і тканин, а також зовнішніми енергетичними полями [1]. Таке посередництво з біологічними середовищами робить воду невід’ємною життєдайною складовою життя. Академік М. В. Петров, розглядаючи воду як основу життя, визначає її як «масовий приймально-передаючий випромінювач електромагнітних хвиль» [2]. Основне функціональне призначення води дослідник вбачав у її ролі чутливої гідратної оболонки речовин та в її енергоінформаційному зв’язку між зовнішніми електромагнітними полями й оточеною водою речовиною. Роль води при цьому єдина в природі, незалежно від того, покриває вона біомолекулу в живій клітині, оточує йон у водному розчині чи піщинку в атмосферному вихорі, або ж саму планету Земля. Структура води при цьому завжди різна, залежить від структури самої речовини, яку вода оточує. Тому М. В. Петров розглядає водне середовище лише в нерозривному комплексі з наявною в ній речовиною, вважаючи, що вода існує у спорідненості із самою речовиною заради енергоінформаційної взаємодії обводненої речовини з електромагнітним випроміненням (ЕМВ) [2]. Звідси вода у звичному для нас стані вмісту океанів, морів, річок, озер, струмків, атмосферної вологи та як гідратована вода (водні оболонки на межах розділу фаз) відіграє роль посередника між граничною з водою речовиною та зовнішнім електромагнітним випроміненням [1]. Вода в гідратних оболонках молекул може виступати як посередник з метою визначення реакційної сумісності молекул, що вступають у реакцію [3]. В основу здатності розпізнавання реагентом реагуючої ним сполуки, дослідники, починаючи ще з Д. І. Менделєєва та А. І. Каблукова, заклали той факт, що при зближенні реагенти спочатку контактують своїми гідратними оболонками. Вчені слушно вважали, що взаємне розпізнавання відбувається завдяки структурній сумісності гідратних оболонок [2]. Така структурна сумісність залежить від структури самих гідратованих біомолекул (явище епітаксії). Вода, завдяки унікальній розчинюючій здатності, не може розглядатися як гомогенна рідина. Концентрація продуктів дисоціації молекули води — протонів і гідроксил-йонів, наявність яких створює в об’ємі води дефекти її структури, складає 10⁻⁷М. Наявність у воді двох

стабільних ізотопів водню та трьох кисню призводить до появи дев'яти різновидів молекул води, з яких найчастіше зустрічаються три різновиди: H_2^{18}O , H_2^{17}O та D^{16}O [5]. Біологічний відгук на наявність у воді дейтерію значний навіть при дуже малих його концентраціях [5].

У воді розчиняються гази — азот, кисень, вуглекислий газ тощо, а також домішки органічного та неорганічного походження. Під дією зовнішніх фізичних чинників у воді утворюються біологічно неіндиферентні активні форми кисню й азоту, молекули орто- та параводи, які характеризуються паралельними або антипаралельними напрямками спінів протонів.

Тож вода практично завжди є розчином, тобто складною гетерогенною системою [5], сенсором слабких фізичних і хімічних чинників, які спричиняють зміни її фізико-хімічних властивостей та біологічної активності. Воду, яка демонструє біологічний відгук певний значущий час, називають активованою.

Фізичних факторів, що активують воду, досить багато. Це статичні електричні та магнітні поля, особливий стан води в гіпомагнітних умовах; квазістатичні та перемінні електромагнітні поля різних частот — від 1 Герца до 1011 Герц (діапазон ВВЧ); видиме світло, лазерне випромінення; теплова дія, фазові переходи; механічна дія (вібрація, ультразвук, гідроудар; кавітація; високий статичний тиск; понижений тиск (дегазація); мембранний електроліз; статичний і високо-частотний електричний розряд (холодна плазма); поєднання двох і більше з наведених факторів.

При активації води разом з біологічною активністю спостерігаються також зміни фізико-хімічних характеристик водних систем, таких як рН, ОВП, питома електропровідність, кінематична в'язкість, діелектрична проникність, показник заломлення світла, спектри поглинання та випромінення тощо [6; 7].

Хоча фізико-хімічні аспекти біологічної дії електрохімічно активованої води добре досліджені [9], з'являються нові факти, які вказують на особливу роль у біологічній активності католіту проявів у катодній зоні активних форм кисню у формі пероксиду водню [10]. Активні форми кисню та азоту спостерігаються у воді, озвученій низькоінтенсивним ультразвуковим полем [11].

Логічно очікувати, що при дуже малих концентраціях інгредієнтів у водних розчинах біологічні ефекти, пов'язані з їх наявністю, монотонно зменшуватимуться разом зі зменшенням їх концентрацій. Насправді спостерігаються несподівано значні біологічні ефекти при зміні концентрації дейтерію у воді при його дуже малих концентраціях. Особливо чутливою до малих варіацій концентрацій дейтерію вода виявляється поблизу зон зміни фазового стану води (випаровування, конденсації, замерзання, танення) в процесах колообігу води в природі. В гомеопатії спостерігається ряд достеменних біологічних ефектів при надзвичайно великих масштабах розчинення. При цьому переважають певні специфічні механічні процедури, які називають динамізацією, або потенціюванням, наприклад, струшування. Вплив таких механічних чинників на воду може бути принципово визначальним, оскільки саме він є джерелом генерації активних форм кисню й азоту, відповідальних, імовірно, за прояви біологічної активності обробленої таким чином води.

Фізико-хімічні та біологічні ефекти у воді пов'язують із змінами її структурно-енергетичного стану [1]. Структуру води частіше уявляють як мережу водневих

зв'язків, яка об'єднує дві та більше молекул води. В кристалічній фазі вода представлена різноманітними структурами льоду, яких налічується більше двадцяти, одержаних при різних температурах і тиску.

Молекули води здатні створювати від одного до чотирьох водневих зв'язків із сусідніми молекулами води, завдяки чому й можливе формування у воді безперервної мережі водневих зв'язків з дефектами у вигляді структурних порожнин у кластерній структурі води. Існують такі структурні утворення води, як газогідрати і кларати.

Газогідрати — це випуклі багатогранники, побудовані з молекул води, які стабілізовані молекулою газу, розташованою в порожнині багатогранника. При цьому молекули води не утворюють з молекулою газу хімічних зв'язків. Добре відомі газогідрати метану, які формуються завдяки наявності в метані вологи. Газогідрати здатні існувати в рідинах у формі газових нанопухирців.

Кларати є також водними асоціатами, в порожнинах яких знаходяться так звані гостьові молекули. Стабілізація кларату забезпечується завдяки відповідності форми і розміру молекули «гостя» розміру й формі структурної порожнини у воді. На відміну від рівноважної структури льоду, самоорганізація молекул води у гідратні структури, що межують з гідрофільними та гідрофобними фрагментами структур біополімерів, не є рівноважними, натомість є злегка напруженими [5]. Тому для їх створення необхідна невелика додаткова енергія. Накопичена енергія пружних напруженостей зв'язаної води може вивільнюватися при конформаційних переходах біополімерів, а асоційована вода гідратних структур біомолекул відіграє принципово важливу роль їх невід'ємних структурних елементів і, таким чином, бере активну участь у ферментативних процесах.

Участь води в біологічних процесах визначається особливим структурно-енергетичним станом у складі водно-ліпідно-білкового комплексу в клітковій мембрані та сенсорною здатністю асоційованої води реагувати на слабкі, в тому числі електромагнітні та механічні дії, а також здатність перетворювати слабкі зовнішні сигнали в зміни макроскопічної пружності мембран завдяки супутній цьому процесу модуляції характеристик інтегральних білків [12].

Особливу чутливість біомолекули клітин, тканин живих організмів проявляють до електромагнітних хвиль ВВЧ, що викликає різноманітні біологічні ефекти, дослідженням яких вже пів століття приділяють особливу увагу.

Таблиця 1. Частотні та енергетичні показники основних джерел випромінювання ВВЧ хвиль, які відповідальні за підвищення мікрохвильового навантаження на довкілля і людину

Джерела випромінювання	Частоти, ГГц	Потужність	Особливості опромінення людини
Базова станція GSM	1,9	0,8—300 Вт	Цілодобове
Мобільний телефон	1,9	0,16—2,0 Вт	Періодичне
WiFi	2,4—2,48	2,5 мВт	Постійне з радіусом дії до 100 м
Bluetooth	2,4—2,48	2,5 мВт	Постійне з радіусом дії 10 м
Мікрохвильова піч	2,45	500—2500 Вт	Періодичне

Сучасна людина постійно оточена численними пристроями бездротового зв'язку: мобільними телефонами, WiFi, Bluetooth. Причому клітини живих організмів, тканини, органи та організми в цілому надзвичайно чутливі саме до ЕМ хвиль у ВВЧ міліметровому діапазоні. В табл. 1 наведено частотні й енергетичні показники основних джерел випромінення ВВЧ хвиль, які відповідальні за підвищення мікрохвильового навантаження на довкілля й людину. Як бачимо, потужність джерел випромінення в зоні тривалого перебування людини (а також продуктів харчування при мікрохвильовій обробці) та час експозиції дуже різняться. Фахівці гігієнічної медицини досліджують нові ризики для здоров'я людей від збільшення електромагнітного фону довкілля.

Авторами цієї статті проведено дослідження наслідків для структури води від опромінення її звичайним смартфоном з часом обробки води 60 і 120 с [13]. Антену передавача розташовували паралельно до поверхні води на відстані 15 мм. Така відстань вибрана не випадково, адже виробник не рекомендує носити смартфон біля тіла, принаймні забезпечувати відстань від приладу до поверхні тіла не менше 15 мм.

Таблиця 2. Величини кінематичної в'язкості дистильованої води в часі одразу після моменту припинення опромінення води ВВЧ хвилями від пристрою стільникового зв'язку

№	Час/хв	Кінематична в'язкість мм ² /с			
		120с	60с	200с	30с
1	0	12,5	11,48	11,15	11,05
2	1	11,48	11,35	11,15	11,11
3	2	11,82	11,25	11,10	10,40
4	3	12,16	10,47	10,47	10,81
5	3,2	11,82	10,28	10,38	10,75
6	3,9	11,30	9,90	10,58	10,73
7	5	11,50	10,13	10,70	10,55
8	6	12,6	11,15	10,47	10,50
9	7	11,48	11,82	11,18	11,2
10	8	11,48	11,82	11,20	11,25
11	8,5	11,48	11,58	11,00	11,35
12	9	12,16	11,40	11,15	11,45
13	9,5	12,5	11,30	11,10	11,70
14	10	12,16	11,48	10,81	11,3

Як бачимо, для обох зразків спостерігається циклічний характер залежностей кінематичної в'язкості від часу після припинення опромінення води мобільним телефоном. Спочатку величина в'язкості води після виключення смартфона зменшується, ймовірно через руйнування структурних асоціатів води під дією поглинутої водою енергії ВВЧ хвиль. Проте після падіння величина в'язкості знову зростає, вочевидь через структурогенну природу води, як таку. Самочинне структуроутворення відбувається до певної критичної межі, при досягненні якої структурні асоціати, ймовірно, вже нездатні тривалий час залишатися в новому структурному стані і спонтанно втрачають стабільність структурних агрегатів. Кінематична в'язкість проходить через максимум і починає знову зменшуватися,

розпочинаючи новий цикл спонтанної структурної перебудови. Дослідження величин рН, ОБП та питомої електропровідності води показало чітку кореляцію цих взаємопов'язаних параметрів, що переконливо свідчить про обґрунтованість нашого усвідомлення механізмів структурної перебудови. Очевидно, що структурна перебудова ендогенних рідин організму людини не може не викликати занепокоєння через імовірний негативний вплив на нормальні фізіологічні процеси.

У [14] підкреслюється, що молекулярні зв'язки в асоціатах води менш стійкі порівняно зі зв'язками між атомами кисню та водню у складі самої молекули води, а тому вони порівняно легко руйнуються від короткохвильових електромагнітних збуджень.

Зв'язана вода в живих системах являє собою шар гідратної води, що складається з багатьох (до десятків) молекулярних прошарків води [14], які утворюють водневі зв'язки як з полярними (гідрофільними) групами білків, так і між самими молекулами гідратної води.

Збуджені кластери здатні руйнуватися з власним випроміненням ЕМ енергії. Один з фундаторів сучасної біоенергетики Альберт Сент-Дьєрдьї зазначав [14], що «Біоенергетика — це ніщо інше, ніж особливий розділ хімії води. Вода організується в невід'ємну систему зі структурними елементами клітин, забезпечуючи реалізацію електронних збуджень у край малоймовірних ситуаціях. У структурованій воді електронні збудження можуть існувати (релаксувати) досить довго для того, щоб забезпечувати можливість переносу енергії збудження в біологічних системах».

У рідкій воді передача й розповсюдження коливальної енергії може відбуватися різним чином [15]. Наприклад, при зіткненні молекули води із збудженою модою на певному коливальному рівні з молекулою з незбудженим квантовим станом коливальної енергії енергія збудження може передаватися від першої молекули до другої. Але найбільш імовірним способом передачі енергії між молекулами води є випромінювально-поглинальний, коли одна молекула випромінює квант енергії, а інша поглинає його й далі, у свою чергу, випромінює. Коливальні кванти енергії молекул води можуть переходити в енергію водневих зв'язків, і навпаки.

Особливо корисним для практичного застосування є розгляд наявності у воді дрібно розмірних (мікро, нано) дисперсних частинок, які складаються з оксидів кремнію, алюмінію, а також з алюмосилікатів. Енергія зв'язку молекул води з поверхнею таких частинок досягає 220—230 кДж/моль, що обумовлює їхню сильну гідrataцію, що, у свою чергу, призводить до сильної деформації молекул води і суттєвого збільшення накопиченої ними коливальної енергії [16].

Гідратовані кремнійвмісні частинки мінералів від зіткнення з молекулами води на межі розділу або ж, перевипромінюючи кванти поглинутого ними світла, підвищують загальний рівень коливальної енергії всього об'єму води. Така вода здатна активуватися, поглинаючи енергію зовнішнього збудження (наприклад, ЕМ випромінення).

Розчинення у воді солей супроводжується структурною перебудовою води в розчині між асоціатами води у складі структурних оболонок йонів та асоціатами молекул в об'ємі води (кластерами об'ємної води).

Розчинені гази також по-різному впливають на величину коливального збудження молекул води. Нейтральні молекули газів, не пов'язані хімічною взаємодією з молекулами води, приймають при зіткненнях з молекулами води кінетичну

енергію молекул води тим більше, чим менша молекулярна маса молекули газу. Тому такі молекули газу забирають з молекул води частину їхньої кінетичної енергії і перетворюють її у тепло. Якщо маса молекули розчиненого у воді газу набагато більша за масу молекули води, то молекула води при зіткненні відштовхуватиметься від неї, як від твердої стінки. В такому разі молекули води зберігатимуть від перетворення в тепло свою кінетичну енергію.

Розчинені у воді гази можуть витіснити з порожнин в асоційованій воді наявні там молекули вільної води. Звільнені таким чином молекули води можуть брати участь у будові кластерних структур води. Молекули газів з великою масою «розпирають» зсередини кристалічну структуру води, в порожнині якої молекула газу знаходиться. Це призводить до зменшення амплітуди коливань молекул води, які складають її кристалічну структуру. Посилення деформації кристалічної структури води призведе до суттєвого підвищення коливальної енергії води в розчині [17].

Перехід коливальної енергії розчину в кінетичну енергію молекул середовища (тобто в тепло) може також відбуватися за рахунок постійного перевипромінення неоднакових квантів енергії між молекулами газу та води.

Якщо розчинені у воді гази є реакційно здатними — це H_2 , O_2 , CO_2 , то, зважаючи на їхню участь у хімічних реакціях у середовищі, їхній вплив на накопичення коливальної енергії в розчині буде суттєвим. Розчинення у воді кисню й азоту посилює поглинання водою ультрафіолетового випромінення [14; 18].

Вода у складі гідратних оболонок біомолекул є посередником у передачі ЕМ випромінення НВЧ і ВВЧ діапазонів гідратованим біомолекулам [1]. Вільні молекули води також поглинають ЕМВ мм-діапазону та частково передають його молекулам гідратної води біомолекул [18]. Перебудова гідратних структур білків під дією зовнішнього ЕМВ призводить до переходу молекул білка з функціонально пасивного стану до функціонально активного [19; 20].

Опромінена вода зберігає надбану активність протягом трьох місяців (ефект «пам'яті»). Експериментально опромінювали дистильовану і мінеральну воду, розчини лікарських препаратів, чай, каву та інші напої. В усіх випадках головним носієм корисної інформації, наведеної ЕМВ ВВЧ, є вода [21].

У [23], ще в 1989 р., видатний український фізик, академік О. С. Давидов розвинув теорію переносу енергії збудження в білкових макромолекулах за участю квантових квазі-частинок, названих ним солітонами. Так було показано, що енергія збудження біомолекул має квантово-механічну природу (хвильовий пакет електромагнітних хвиль), що пояснює слабку ймовірність переходу енергії солітонів в енергію хаотичного теплового руху.

На сьогодні досліджено не теплове надслабке власне електромагнітне випромінення кліткових структур людини, що є результатом внутрішньоклітинних біохімічних процесів. Це випромінення, на думку авторів [21], промодульоване власною ритмікою біологічного об'єкта [15]. Відомо, що власна біологічна ритміка відіграє визначальну роль у функціонуванні всього організму [22]. Взаємодія зовнішнього ЕМВ з випромінювачем внутрішнього ЕМВ може порушувати власну біоритміку біооб'єкта.

Структурній організації біомолекул клітин притаманні різноманітні коливальні, вібраційні й оберталні ступені свободи. Це надає можливість біомолекулам поглинати та випромінювати електромагнітні хвилі в певному діапазоні частот.

Ці процеси є невід'ємними складовими процесів життєдіяльності, проте на частотах збуджуючого опромінення, рівних або кратних власним резонансним частотам біомолекул, зовнішнє ЕМП може небезпечно концентруватися за рахунок синхронізації з власними частотами [22]. Отже, частота зовнішнього збуджуючого ЕМП має надто важливе значення. При імпульсній модуляції ефективність біоефекту буде спостерігатися при найбільшій тривалості імпульсів. При амплітудній або частотній модуляції резонансна взаємодія біологічного середовища з падаючим на нього ЕМВ виникає з певною періодичністю, рівній частоті модулюючих імпульсів.

Успіхи в дослідженнях закономірностей набуття водою, модифікованої фізичними безреагентними чинниками, особливого стану підвищеної хімічної та біологічної активності, дали змогу перейти від теоретико-емпіричних оцінок змін структурно-енергетичного стану модифікованої води [24] до практичного застосування активованої води в медико-гігієнічній сфері [25; 26], а також до вдосконалення ряду промислових технологій [26], включаючи вдосконалення технології підвищення якості виробництва питної води та харчової продукції [27].

Висновки

Аналіз наявної науково-технічної інформації, а також результати наших досліджень достеменно свідчать про зміни структурно-енергетичного стану води під дією зовнішнього електромагнітного випромінювання. Особливої уваги заслуговує чутливість ендогенної води живих організмів до ЕМ хвиль наднизької інтенсивності в мм діапазоні довжин хвиль. Саме в цьому діапазоні працюють прилади бездротового зв'язку, постійно наповнюючи простір перебування сучасної людини на виробництві, транспорті, побуті тощо. Досліджені структурні зміни у воді, опроміненої мобільним телефоном, свідчать про високу ймовірність впливу біологічного відгуку кліткових біосередовищ на такі зовнішні збудження, що робить актуальним подальші дослідження фізико-хімічних і медико-біологічних наслідків взаємодії живих організмів з наростаючим навантаженням на людину від зовнішніх джерел біологічно неіндиферентної електромагнітної енергії.

Література

1. Потапов А. А. Явление диэлектрической поляризации в бесконечно разбавленных водных растворах. *Наука и мир*. 2016. Том 1, № 12(40). С. 13—18.
2. Петров Н. В. Решение проблемы изменения климата Земли с позиции закона сохранения жизни в космосе. *Ecology and development of society*, 2015. № 4. С. 15—20.
3. Захаров С. Д., Денисов В. И., Зюзин Н. В., Мосягина И. Н. Структурная совместимость гидратных оболочек как критерий взаимного распознавания реагирующих биомолекул. *Биофизика*. 2012. Том 57(6). С. 939—944.
4. Рой Р. Р., Тиллер У. А., Белл А., Гувер М. Р. Структура жидкой воды — новый взгляд с точки зрения материаловедения и потенциальная применимость к гомеопатии. *Materials Research Innovations*. December 2005. Vol. 9, issue 4. P. 577—608.
5. Игнатов И., Мосин О. В. Изотопный состав воды и долголетие. *Вестник евразийской науки*. 2013. № 1(14).
6. Somlyai G., Jancsó G., Jáklı G., Vass K., Barna B., Lakics V., Gaál T. Naturally occurring deuterium is essential for the normal growth rate of cells. *FEBS letters*. 1993. 317(1—2), P. 1—4. doi:10.1016/0014-5793(93)81479-j).
7. Петров С. В., Масато Х., Рубец Д. И., Терещенко О. Н., Бондаренко С. Г. Плазменно дуговая очистка воды. *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісти*. 2014. № 1. С. 47—60.

8. Бахир В. М. Электрохимическая активация. Новые разработки и перспективы. *Водо-снабжение и канализация*. 2012. № (5—6). С. 65—74.
9. Прилуцкий В. И., Бахир В. М. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия. 1995.
10. Колягин Г. А., Корниенко В. А. Электровосстановление кислорода до пероксида водорода в газодиффузионных электродах в кислых растворах. *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. 2009. С. 33—39.
11. Гудков С. В. Механизм образования активных форм кислорода под действием физических факторов и их генотоксическое действие. Введение диссертации (автореферата) докт. биологических наук. 2012. 270 с.
12. Чехашкина Ксения Владимировна Исследование упругих свойств многокомпонентной липидной мембраны при эстремальных изгибных деформациях. Дисс. канд. физ-мат наук. Москва 2018. 120 с.
13. Большак Ю. В., Українець А. І., Маринін А. І., Святненко Р. С. Вивчення впливу КВЧ-опромінення води на її структурно-енергетичний стан і можливі біологічні наслідки процесу. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 2019. Т. 25, № 5. С. 216—225.
14. Сент-Дьердьи А. Биоэлектроника: Исследование в области клеточной регуляции, защитных механизмов и рака: Пер. с англ. Мир. 1971.
15. Мышкин В. Ф., Власов В. А., Хан В. А., Шиян Л. Н., Польшенко В. С. Структура и свойства воды, облученной СВЧ излучением. *Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Физика*. 2012. С. 38—50.
16. Тарасевич Ю. И. Аксененко Е. В. Взаимодействие молекул воды с гидратными и идрофобным поверхностями коллоидных частиц. *Химия и технология воды*. 2015. Т. 37, № 5. С. 409—419.
17. Head-Gordon T., Johnson M. E. Tetrahedral structure or chains for liquid water. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006. 103(21), 7973—7977.
18. Пискарев И. М., Иванова И. П., Самodelкин А. Г., Ивашенко М. Н. Иницирование и исследование свободнорадикальных процессов в биологических экспериментах: монография Н. Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2016. 140 с.
19. Лошицкий П. П. Взаимодействие биологических объектов с физическими факторами. Киев: НТУ «Киевский политехнический институт». 2009. С. 272.
20. Девятков Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: «Радио и связь», 1991, С. 160.
21. Лошицкий П. П. Терапевтические частоты КВЧ терапии. *Электроника и связь*. 2002. № 7. С. 20—21.
22. Загускин С. А. Ритмы клетки и здоровье человека. 2009. 316 с.
23. Давыдов А. С. Солитоны в молекулярных системах. Киев: Наук. думка, 1984. 288 с.
24. Українець А. І., Большак Ю. В., Святненко Р. С., Прохоренко Ж. І. Застосування фізично зміненої (активованої) води для підвищення ефективності технологій харчового виробництва та поліпшення якості продукції. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Т. 24, № 5. С. 219—224. doi: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/30040>.
25. Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Святненко Р. С., Позняковський С. В. Теоретико-емпірична оцінка мін структурноенергетичного стану фізично зміненої води та їх біологічних наслідків. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / відпов. ред. О. І. Черевко. Харків: ХДУХТ, 2019. Вип. 1(29). С. 172—184. doi:<http://elib.hduht.edu.ua/jspui/handle/123456789/4324>.
26. Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Святненко Р. С. Окисно-відновний баланс питної води — показник її якості та фізіологічної повноцінності. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 6—14. doi:<http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/30042>.
27. Маринін А. І., Большак Ю. В., Святненко Р. С., Штепа Д. В. Дослідження особливостей фізико-хімічних показників води, обробленої безреагентним електрохімічним методом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2(4). С. 103—109. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.

SYNERGISM OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE MIXTURE OF *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMV AC-5017 SURFACTANTS WITH OTHER BIOCIDAL COMPOUNDS

T. Pirog, L. Kliuchka, I. Kliuchka, S. Antoniuk, O. Bakhtii, D. Zhaliuk
National University of Food Technologies

Key words:

Rhodococcus erythropolis
IMV Ac-5017
Surface-active substances
Antibiotics
Tea tree essential oil
Synergism of antimicrobial action

Article history:

Received 10.09.2020
Received in revised form 23.09.2020
Accepted 07.10.2020

Corresponding author:

T. Pirog
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Increasing the resistance of pathogenic microorganisms, which are the causative agents of a wide range of infectious diseases of humans and animals, stimulates the search for a new, alternative to antibiotics, natural compounds. Such compounds are microbial surface-active substances (SAS), which have a wide range of biological properties (antimicrobial, anti-adhesive activity and the ability to biofilms destruction), as well as essential oils. However, the disadvantage of essential oils is insufficiently high antimicrobial activity (minimum inhibitory concentration is 500—1600 µg/ml).

The effect of a mixture of surfactants synthesized by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on biodiesel production waste and ent sunflower oil, antibiotics ciprofloxacin, ofloxacin and tea tree essential oil on bacteria (*Pseudomonas*. MI-2, *Escherichia coli* IEM-1, *Staphylococcus aureus* BMS-1) was investigated in the article

It was found that surfactants synthesized on industrial waste showed synergism of antimicrobial activity with the tested antibiotics and essential oil. The minimum inhibitory concentrations of the surfactant mixture with antibiotics against bacterial test-cultures were 0.8—25.5 µg/ml and were significantly lower than each compound alone (500—25000 and 3.2—102.5 µg/ml for antibiotics and surfactants, respectively). The use of a mixture of surfactants and tea tree essential oil made it possible to reduce the minimum inhibitory concentrations of essential oil against the tested cultures from 156—625 to 2.4—19.5 µg/ml.

СИНЕРГІЗМ АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ СУМІШІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ІМВ АС-5017 З ІНШИМИ БІОЦИДНИМИ СПОЛУКАМИ

Т. П. Пирог, Л. В. Ключка, І. В. Ключка,
С. І. Антонюк, О. Л. Бахтій, Д. В. Жалюк
Національний університет харчових технологій

Підвищення стійкості патогенних мікроорганізмів, які є збудниками широкого спектра інфекційних захворювань у людини й тварин, стимулює пошук нових, альтернативних антибіотикам, природних сполук. Такими сполуками є мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР), яким притаманний широкий спектр біологічних властивостей (антимікробна, антиадгезивна активність і здатність до руйнування біоплівки), а також ефірні олії. Проте недоліком ефірних олій є недостатньо висока антимікробна активність (мінімальні інгібуючі концентрації становлять 500—1600 мкг/мл).

*У статті досліджено дію на бактерії (*Pseudomonas*. MI-2, *Escherichia coli* IEM-1, *Staphylococcus aureus* БМС-1) суміші поверхнево-активних речовин, синтезованих *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 на відходах виробництва біодизелю і відпрацьованій соняшниковій олії з антибіотиками ципрофлоксацином, офлоксацином та ефірною олією чайного дерева.*

Встановлено, що ПАР, синтезовані на промислових відходах, проявляли синергічну антимікробну активність з досліджуваними антибіотиками й ефірною олією. Мінімальні інгібуючі концентрації суміші ПАР з антибіотиками щодо бактеріальних тест-культур становили 0,8—25,5 мкг/мл і були значно нижчими, ніж кожної сполуки окремо (500—25000 і 3,2—102,5 мкг/мл для антибіотиків та ПАР відповідно). Використання суміші поверхнево-активних речовин та ефірної олії чайного дерева дало змогу знизити мінімальні інгібуючі концентрації ефірної олії щодо досліджуваних тест-культур з 156—625 до 2,4—19,5 мкг/мл.

Ключові слова: *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, поверхнево-активні речовини, антибіотики, ефірна олія чайного дерева, синергізм антимікробної дії.

Постановка проблеми. Нині антибіотикотерапія залишається основним методом лікування широкого спектра інфекційних захворювань у людини й тварин. Однак її ефективність стрімко знижується на тлі швидкого поширення резистентних форм мікроорганізмів [1]. Ще у 2016 р. Всесвітня організація охорони здоров'я опублікувала перелік пріоритетних напрямків підвищення ефективності використання антибіотиків, серед яких можливість їх використання у комбінації з іншими природними сполуками [2]. Серед таких речовин природного походження найперспективнішими залишаються ефірні олії, які завдяки наявності у їхньому складі великої кількості терпенів та ароматичних сполук характеризуються антибактеріальною й антифунгальною активністю [3]. Зазначимо проте, що використання ефірних олій як антимікробних монопрепаратів обмежується високими значеннями їхніх мінімальних інгібуючих концентрацій (500—1600 мкг/мл)

щодо більшості бактеріальних і дріжджових тест-культур [4]. Окрім ефірних олій, перспективними природними сполуками, які можуть бути використані у комбінації з анрибіотиками, є мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР). Однак, незважаючи на широкий спектр біологічних властивостей (антимікробна, антиадгезивна активність, здатність до руйнування біоплівки) цих продуктів мікробного синтезу, відомості про їх використання в комплексі з іншими біоцидами є обмеженими [5].

Раніше було встановлено можливість синтезу поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 на гідрофільних (глюкоза, етанол) і гідрофобних (рідкі парафіни, гексадекан) субстратах [6; 7]. Пізніше [8] було показано, що ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 притаманна антимікробна й антиадгезивна активність.

Мета статті: дослідити антимікробну активність суміші поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 з антибіотиками та ефірною олією чайного дерева.

Матеріали і методи. Об'єкт досліджень — штам *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, зареєстрований у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного Національної академії наук України.

Як тест-культури для визначення антимікробної активності використовували штами бактерій *Pseudomonas*. МІ-2, *Escherichia coli* ІЕМ-1, *Staphylococcus aureus* БМС-1 з колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Використовували антибіотики ципрофлоксацин та офлоксацин — антибактеріальні препарати з групи фторхінолонів II покоління, ефірну олію чайного дерева (виробник ТОВ «Ароматика», Україна).

R. erythropolis ІМВ Ас-5017 культивували у рідкому поживному середовища такого складу (г/л): NaNO_3 — 1,3, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1, NaCl — 1,0, Na_2HPO_4 — 0,6, KH_2PO_4 — 0,14, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001. Як джерело вуглецю використовували відходи виробництва біодизелю та відпрацьовану соняшникову олію (мережа ресторанів швидкого харчування McDonald's, Київ) у концентрації 6 та 2% (об'ємна частка) відповідно.

Як посівний матеріал використовували культуру із середини експоненційної фази росту, вирощену в середовищі наведеного вище складу, що містило 0,5% відповідного субстрату. Кількість інокуляту з титром 10^4 — 10^5 клітин/мл становила 5% від об'єму середовища.

Культивування здійснювали у 750 мл колбах зі 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 30°C упродовж 120 год.

Кількість позаклітинних ПАР визначали, використовуючи модифікований метод Блай і Даєра [9] після екстракції їх сумішшю хлороформу та метанолу (2:1) з супернатанту культуральної рідини. Для отримання супернатанту культуральну рідину центрифугували при 5000 г протягом 20 хв.

Антимікробну дію антибіотиків, ефірної олії, поверхнево-активних речовин та їх суміші аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Визначення МІК здійснювали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ). У стерильних умовах у 10 пробірок вносили

по 1 мл середовища, у першу додавали 1 мл антимікробної речовини (антибіотики, ПАР, ефірна олія) певної концентрації, після чого перемішували, відбирали 1 мл і переносили в наступну пробірку. Аналогічно проводили розведення для наступних дев'яти пробірок. З останньої пробірки відбирали 1 мл. Кінцевий об'єм у кожній пробірці становив 1 мл, а концентрація антибіотиків, ПАР або ефірної олії у кожній наступній пробірці знижувалася вдвічі. Як контроль використовували 1 мл МПБ без додавання розчину антимікробних речовин. Далі в кожну з пробірок вносили по 0,1 мл суспензії тест-культур (10^5 — 10^6 КУО/мл) та перемішували. Пробірки інкубували впродовж 24 год при 24—26°C. Результати оцінювали візуально за помутнінням середовища: (+) — пробірки, в яких спостерігали помутніння середовища (ріст тест-культури), (–) — помутніння не було (ріст відсутній). Мінімальну інгібуючу концентрацію антибіотиків, ПАР, ефірної олії та їх суміші визначали як значення концентрації досліджуваних речовин у першій пробірці, де ріст був відсутній.

Для оцінки синергічної дії ПАР з антибіотиками та ефірною олією використовували показник фракційної інгібуючої концентрації (ФІК) — сума відношення концентрації кожної речовини в суміші до їх мінімальної інгібуючої концентрації. Показник ФІК розраховували за формулою [10]:

$$\Sigma = \text{FIC} = (C_A / \text{MIC}_A) + (C_B / \text{MIC}_B),$$

де $C_{A,B}$ — концентрація антимікробної речовини в суміші; $\text{MIC}_{A,B}$ — мінімальна інгібуюча концентрація антимікробної речовини окремо.

Співвідношення препаратів у суміші становило 1:1, при цьому концентрація ПАР залишалася незмінною, а концентрацію антибіотика/ ефірної олії знижували методом послідовних двократних розведень, в іншому варіанті концентрація антибіотика/ ефірної олії залишалася незмінною, а концентрацію ПАР знижували як описано вище.

Усі досліди проводили в 3 повторах, кількість паралельних визначень в експериментах становила 3—5. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали як описано у [6—8]. Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати і обговорення. Відомо, що організація промислового виробництва мікробних ПАР обмежується насамперед високою собівартістю цільового продукту. Одним із підходів до здешевлення таких технологій є використання як субстратів промислових відходів, таких як технічний гліцерин (побічний продукт виробництва біодизелю) і пересмажена соняшникова олія (відхід харчової промисловості). Зазначимо, що відомі технології очищення біодизелю (реакції нейтралізації, відділення метанолу, іонна абсорбція, вакуумна дистиляція тощо) [11], є економічно не вигідними, а повторне використання пересмажених олій лімітується наявністю у їхньому складі токсичних альдегідів акролеїну й акриламідів [12]. Тому використання як субстратів для одержання мікробних ПАР таких побічних продуктів виробництва дасть змогу не лише знизити собівартість цільового продукту мікробного синтезу, а й вирішити ряд екологічних проблем, пов'язаних з нерегламентованими викидами промислових відходів у навколишнє середовище.

Що ж до вибору антибіотиків, то він був зумовлений тим, що, незважаючи на ефективність використання фторхінолонів як антимікробних засобів, у дослідженнях останніх років повідомляється про збільшення кількості резистентних, зокрема до цiproфлоксацину й офлоксацину, штамів *Escherichia coli* [13], *Pseudomonas aeruginosa* [14; 15], *Staphylococcus aureus* [16].

На першому етапі досліджували можливість прояву синергічної дії мікробних поверхнево-активних речовин, синтезованих *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 на промислових відходах, з антибіотиками цiproфлоксацином та офлоксацином (табл. 1 та 2).

Таблиця 1. Антимікробна дія поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, цiproфлоксацину та їх суміші

Субстрат для синтезу ПАР	Тест-культура	МІК (мкг/мл)				ФІК, ФІК<0,5 — синергізм
		ПАР	Цiproфлоксацину	Цiproфлоксацину у суміші з ПАР*	ПАР у суміші з цiproфлоксацином**	
Відходи виробництва біодизелю	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,2	500	7,8	0,8	0,26
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	6,8	500	15,6	3,2	0,47
	<i>S. aureus</i> БМС-1	102,5	2000	15,6	25,6	0,25
Відпрацьована олія	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,4	500	125	1,7	0,75
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	25,6	500	125	3,4	0,38
	<i>S. aureus</i> БМС-1	25,6	2000	500	1,7	0,31

Примітка: під час визначення мінімальної інгібуючої концентрації похибка не перевищувала 5%; табл. 1 та 2: * — концентрація антибіотика залишалася незмінною, а концентрацію ПАР зменшували методом послідовних двократних розведень, ** — концентрація ПАР залишалася незмінною, а концентрацію антибіотика знижували методом послідовних двократних розведень.

Таблиця 2. Мінімальні інгібуючі концентрації ПАР, синтезованих *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, офлоксацину та їх суміші

Субстрат для синтезу ПАР	Тест-культура	МІК (мкг/мл)				ФІК, ФІК<0,5 — синергізм
		ПАР	Офлоксацину	Офлоксацину в суміші з ПАР*	ПАР у суміші з офлоксацином**	
Відходи виробництва біодизелю	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,2	12500	390	1,7	0,50
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	6,8	12500	195	3,6	0,52
	<i>S. aureus</i> БМС-1	102,5	25000	780	25,5	0,24
Відпрацьована олія	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,4	12500	195	1,7	0,5
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	25,6	12500	390	3,4	0,16
	<i>S. aureus</i> БМС-1	25,6	25000	390	3,4	0,16

Встановлено, що незалежно від природи використовуваного субстрату, поверхнево-активні речовини *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 проявляли синергізм антимікробної дії з обома досліджуваними антибіотиками. Так, наприклад, МІК ПАР, синтезованих на відходах виробництва біодизелю, щодо *E. coli* ІЕМ-1 та *Pseudomonas*. МІ-2, становили 3,2 та 6,8 мкг/мл, ципрофлоксацину — 500 мкг/мл, а їх суміші — 7,8 та 15,6 мкг/мл відповідно. Використання поверхнево-активних речовин, утворених на відпрацьованій соняшниковій олії, у комбінації з цим антибіотиком дали змогу знизити МІК останнього щодо *E. coli* ІЕМ-1, *Pseudomonas*. МІ-2 та *S. aureus* БМС-1 з 500 та 2000 мкг/мл до 1,7—3,4 та 1,7 мкг/мл відповідно (табл. 1).

Аналогічні закономірності спостерігали в разі використання суміші ПАР штаму ІМВ Ас-5071 та офлоксацину. У цьому разі значення МІК антибіотика щодо досліджуваних бактеріальних тест-культур вдалося знизити у 8—16 разів (див. табл. 2).

Як видно з даних, наведених у табл. 1 і 2, показник фракційної інгібуючої концентрації не перевищував 0,5 (за винятком ФІК для суміші ПАР, синтезованих на відпрацьованій олії, з ципрофлоксацином щодо штаму ІЕМ-1), що вказує на синергізм антимікробної дії цих речовин.

У доступній літературі нам вдалося знайти інформацію про застосування ципрофлоксацину [17; 18] та офлоксацину [18; 19] у комбінації з ефірними оліями. Так, у [17] показано можливість використання ефірної олії ажгону для зниження мінімальної інгібуючої концентрації ципрофлоксацину. Так, внесення ефірної олії в концентрації 30 мкг/мл у суміш з антибіотиком (співвідношення 1:1) дало змогу знизити МІК останнього щодо *E. coli* АТСС 8739 з 3,6 до 0,6 мг/мл. При цьому значення ФІК становило 0,5, що вказує на синергізм антимікробної дії.

Дані, наведені у [18], підтверджують можливість використання метанольного екстракту, отриманого з насіння ажгону, у суміші з ципрофлоксацином для боротьби з резистентними до цього антибіотика штамми мікроорганізмів. Так, дослідниками було показано, що використання екстракту ажгону в концентрації 15,6—250 мкг/мл супроводжувалося зниженням МІК антибіотика щодо різних ципрофлоксацин-резистентних штамів *E. coli* з 4—128 до 0,125—8 мкг/мл.

Комбінація ефірної олії хлоранту японського (концентрація не наведена) з офлоксацином забезпечила зменшення МІК антибіотика щодо метицилін-резистентного штаму *S. aureus* 760 та *E. coli* з 260 до 4 мкг/мл та з 60 до 6 мкг/мл відповідно [19]. У [20] встановлено можливість використання як ефірної олії, так і метанольного екстракту, отриманого з насіння олії ятрофи, у суміші з офлоксацином. Так, використання екстракту й ефірної олії дає змогу зменшити мінімальну інгібуючу концентрацію антибіотика щодо *E. coli* (штам не наведено) та метицилін-резистентного штаму *S. aureus* 1 з 50 та 100 мкг/мл до 3,1 та 1,56 мкг/мл відповідно.

Зазначимо, що в [17—20] автори встановлювали мінімальні інгібуючі концентрації ефірних олій, проте не акцентували увагу на досить високих (від 600 до 1100 мкг/мл) їхніх значеннях, а також можливих підходах до зменшення ефективних концентрацій.

У попередніх дослідженнях ми встановили здатність поверхнево-активних речовин, синтезованих *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, проявляти синергічну антимікробну активність з антибіотиками [21], протигрибковими засобами [22] та ефірними оліями чайного дерева, кориці й лемонграсу [23]. У зв'язку з цим припустили, що поверхнево-активні речовини, синтезовані *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, окрім синергізму антимікробної дії з антибіотиками, також проявлятимуть високий антимікробний ефект у комбінації з ефірними оліями. Подальші дослідження підтвердили це припущення (табл. 3). Експерименти показали, що поверхнево-активні речовини, синтезовані *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 на промислових відходах, проявляли синергізм антимікробної дії з ефірною олією чайного дерева.

Так, наприклад, використання суміші поверхнево-активних речовин, одержаних на відходах виробництва біодизелю, та ефірної олії дає змогу знизити МІК останньої щодо *E. coli* ІЕМ-1 з 625 мкг/мл до 2,4 мкг/мл. При цьому значення фракційної інгібуючої концентрації не перевищувала 0,5, що вказує на їхній синергізм (табл. 3).

Таблиця 3. Синергізм антимікробної дії суміші поверхнево-активних речовин, синтезованих *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, та ефірної олії чайного дерева

Субстрат для синтезу ПАР	Тест-культура	МІК (мкг/мл)				ФІК, ФІК \leq 0,5 — синергізм
		ПАР	ефірної олії	ПАР у суміші з ефірною олією *	ефірної олії в суміші з ПАР**	
Відходи виробництва біодизелю	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,2	625	0,8	2,4	0,25
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	6,8	312	3,4	4,8	0,01
	<i>S. aureus</i> БМС-1	51,2	156	12,8	19,5	0,37
Відпрацьована олія	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	3,4	625	0,85	156	0,49
	<i>Pseudomonas</i> . МІ-2	440	312	3,4	4,8	0,02
	<i>S. aureus</i> БМС-1	25,6	156	6,4	9,75	0,31

У попередніх дослідженнях [24] було показано можливість використання суміші поверхнево-активних речовин, синтезованих *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 на етанолі, та ефірної олії чайного дерева, проте синергізм антимікробної дії визначали за ступенем виживання клітин у суспензійній культурі, що не дає нам змоги порівняти дані, наведені у табл. 3, з попередніми результатами.

Зазначимо, що з моменту публікації результатів наших досліджень [23] у літературі не з'явилася нова інформація щодо синергічної антимікробної дії комплексу мікробних ПАР та ефірних олій. Крім того, в огляді [25], опублікованому у 2019 р., ми підсумували наявні на той час дані літератури щодо синергізму антимікробної дії ефірних олій (зокрема й ефірної олії чайного дерева) з іншими біоцидами (зокрема антибіотиками та синтетичними антифунгальними засобами) та окреслили перспективи подальшого практичного використання таких сумішей.

Висновки

Одержані результати підтверджують поодинокі поки що дані про синергізм антимікробної активності поверхнево-активних речовин мікробного походження з антибіотиками й ефірними оліями. Важливо, що використання суміші мікробних ПАР з такими біоцидами дає змогу на порядки знизити мінімальні інгібуючі концентрації антибіотиків ципрофлоксацину й офлоксацину, а також ефірних олій.

Література

1. Aslam B., Wang W., Arshad M. I., Khurshid M., Muzammil S., Rasool M. H., et al. Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *Infect. Drug Resist.* 2018(11): 1645—1658. doi:10.2147/idr.s173867.
2. Founou R. C., Founou L. L., Essack S. Y. Clinical and economic impact of antibiotic resistance in developing countries: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017; 12(12). doi: 10.1371/journal.pone.0189621.
3. Owen L., Laird K. Synchronous application of antibiotics and essential oils: dual mechanisms of action as a potential solution to antibiotic resistance. *Crit. Rev. Microbiol.* 2018; 44(4), 414—435. doi: 10.1080/1040841X.2018.
4. Aghraz A., Benameur Q., Gervasi T., Ait dra L. Antibacterial activity of *Cladanthus arabicus* and *Bubonium imbricatum* essential oils alone and in combination with conventional antibiotics against *Enterobacteriaceae* isolates. *Lett. Appl. Microbiol.* 2018; 67(2), 175—182. doi: 10.1111/lam.
5. Haba E., Bouhdid S., Torrego-Solana N., et al. Rhamnolipids as emulsifying agents for essential oil formulations: antimicrobial effect against *Candida albicans* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Int J. Pharm.* 2014; 4761(1—2), 134—141. doi: 10.1016/j.ijpharm.2014.09.039.
6. Пирог Т. П., Софилканич Л. П., Покора К. А., Шевчук Т. А., Путинская Г. А. Синтез поверхностно-активных веществ *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB-7241 и *Nocardia vaccinii* IMB-7405 на промышленных отходах. *Микробиол. журн.* 2014; 76(2): 17—23.
7. Pirog T., Sofilkanych A., Shevchuk T., Shulyakova M. Biosurfactants of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017: synthesis intensification and practical application. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2013; 170: 880—894. doi 10.1007/s12010-013-0246-7.
8. Пирог Т. П., Шевчук Т. А., Петренко Н. М., Палійчук О. І., Іутинська Г. О. Вплив умов культивування *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 на властивості синтезованих поверхнево-активних речовин. *Мікробіол. журнал.* 2018; 84(4): 13—27. doi: <https://doi.org/10.15407/microbio1j80.04.013>.
9. Тарасенко Д. О. Модифікація методу кількісного визначення поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1. *Харчова промисловість.* К.: НУХТ, 2008, № 7. С. 40—42.
10. Mohamed S. H., Mohamed M. S. M., Khalil M. S., Azmy M., Mabrouk M. I. Combination of essential oil and ciprofloxacin to inhibit/eradicate biofilms in multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *J. Appl. Microbiol.* 2018; 125(1), 84—95. doi: 10.1111/jam.13755.
11. Ardi M. S., Aroua M. K., Hashim N. A. Progress, prospect and challenges in glycerol purification process: A review. *Renew. Sustainable Energy.* 2015; 42, 1164—1173. doi:10.1016/j.rser.2014.10.091.
12. Patil P. D., Gude V. G., Reddy H. K., Muppaneni T., Deng S. Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes. *J. Environ. Protec.* 2012; 3: 107—113. doi:10.4236/jep.2012.31013.
13. Bhatnagar K., Wong A. The mutational landscape of quinolone resistance in *Escherichia coli*. *PLoS One.* 2019; 14(11): e0224650. doi: 10.1371/journal.pone.0224650.

14. Zhao L., Wang S., Li X., He X., Jian L. Development of in vitro resistance to fluoroquinolones in *Pseudomonas aeruginosa*. *Antimicrob. Resist. Infect. Control*. 2020; 9:124. <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00793-8>.
15. Umar A. I., Garba I., Jidda M. L., Ganau A. M., Fana A. S., et al. Multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated from ear and wound swabs in some selected hospital laboratories in Sokoto Metropolis, Nigeria. *Calabar J. Health Sci*. 2019; 3(1); 31—35. doi: 10.25259/CJHS_8_2019.
16. Raja Ram G., Prashanna M., Ganga G. C. Antibiotic resistance pattern of *Staphylococcus aureus* with reference to MRSA isolates from pediatric patients. *Future Sci*. 2020; 6(4). DOI: 10.2144/foa-2019-0122.
17. Talei G.-R., Mohammadi M., Bahmani M., Raffieian Kopaei M. Synergistic effect of *Carum copticum* and *Mentha piperita* essential oils with ciprofloxacin, vancomycin, and gentamicin on Gram-negative and Gram-positive bacteria. *Int. J. Pharm. Investig*. 2017; 7(2), 82—87. doi: 10.4103/jphi.JPHI_12_17.
18. Maheshwari M., Safar Althubiani A., Hasan Abulreesh H., Abul Qais F., Shavez Khan M., Ahmad I. *Bioactive extracts of Carum copticum L. enhances efficacy of ciprofloxacin against MDR enteric bacteria*. *Saudi J. Biol. Sci*. 2018; 26(7): 1848—1855. doi:10.1016/j.sjbs.2017.12.008.
19. Lahmar A., Bedoui A., Mokdad-Bzeouich I., Dhaouifi Z., Kalboussi Z., et al. Reversal of resistance in bacteria underlies synergistic effect of essential oils with conventional antibiotics. *Microb. Pathogen*. 2017; 106: 50—59. doi:10.1016/j.micpath.2016.10.018.
20. Haq A., Siddiqi M., Batoool S. Z., Islam A., Khan A., Khan D., et al. Comprehensive investigation on the synergistic antibacterial activities of *Jatropha curcas* pressed cake and seed oil in combination with antibiotics. *AMB Express*. 2019; 9(1): 67. doi: 10.1186/s13568-019-0793-6.
21. Пирог Т. П., Никитюк Л. В., Шевчук Т. А. Синергізм антимікробної активності поверхнево-активних речовин *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405 та антибіотиків. *Мікробіол. журнал*. 2017; 29(4): 30—39. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.04.030>.
22. Пирог Т. П., Никитюк Л. В. Синергічна дія поверхнево-активних речовин *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405 і антифунгальних засобів. *Наукові праці НУХТ*. 2017; 23(1): 58—65.
23. Pirog T. P., Kliuchka L. V., Kliuchka I. V., Shevchuk T. A., Iutynska G. O. Synergism of antimicrobial and anti-adhesive activity of *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405 surfactants in a mixture with essential oils. *Mikrobiol. Z*. 2020; 82(4): 31—40. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.04.031>.
24. Пирог Т. П., Конон А. Д., Скочко А. Б. Використання мікробних поверхнево-активних речовин у біології та медицині. *Біотехнологія*. 2011; 4(2): 24—38.
25. Pirog T. P., Kliuchka I. V., Kliuchka L. V. Synergistic action on microorganisms of complex of essential oils with the biocides. *Biotechnology Acta*. 2019; 12(4): 5—18.

BIOFILM-FORMATION ABILITY OF *S. AUREUS* ON COLLAGEN MATRICES

O. Iungin, L. Maistrenko, P. Rebrykova, I. Duka
Kyiv National University of Technologies and Design

Key words:

Collagen
Biofilms
S. aureus
Leather industry wastes
Matrices
Wound healing

Article history:

Received 02.09.2020
Received in revised form
17.09.2020
Accepted 30.09.2020

Corresponding author:

O. Iungin
E-mail:
olgaungin@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays stimulation of wound healing in surgery, combustiology, dermatology remains an urgent problem. Despite the constant improvement of wound treatment methods, the frequency of infectious complications in surgery reaches 30%, and in combustiology — 40%. Bacterial biofilms are a critical component of chronic wounds which are difficult to treat with traditional therapies. *Staphylococcus aureus* is one of the four most prevalent bacterial species identified in case of chronic wounds. Collagen is a promising basis for drugs for wound healing as well as an ideal matrix in the study of infectious processes of the skin and connective tissues.

The aim of the work was to evaluate the biofilm-formation ability of opportunistic infections pathogens on collagen matrices obtained from leather industry waste (limed pelt, delimed pelt and fleshings of cattle hides).

Collagen samples were obtained by acid extraction followed by washing with 0.9% NaCl to obtain pH of 5.5. Laboratory strains and hospital isolates of *S. aureus* were used as test cultures. The strains were isolated from the wound surfaces of patients of the Kyiv Regional Clinical Hospital. The bacterium was identified as *Staphylococcus aureus* using VITEK 2 compact 15 (France). Culture growth and biofilm-formation ability were determined according to standard protocols. The obtained data were analyzed in the Excel software package, $p < 0.05$. The biofilm-formation ability varied depending on the collagen sample and the strain, however, the studied collagen samples proved to be effective matrices for biofilm formation. Collagen samples obtained from leather industry waste (limed pelt, delimed pelt and fleshings after two extractions) can be used as matrices for the growth and biofilm formation of *S. aureus* strains and modeling of microbial processes in the wound healing studies.

ЗДАТНІСТЬ ШТАМІВ *S. AUREUS* ФОРМУВАТИ БІОПЛІВКИ НА КОЛАГЕНОВИХ МАТРИЦЯХ

О. С. Юнгін, Л. А. Майстренко, П. А. Ребрикова, І. В. Дука
Київський національний університет технологій та дизайну

На сьогодні стимуляція загоєння ран у хірургії, комбустіології, дерматології залишається актуальною проблемою. Незважаючи на постійне удосконалення методів лікування ран, частота інфекційних ускладнень у хірургії досягає 30%, а в комбустіології — 40%. Бактеріальні біоплівки є критичним компонентом хронічних ран, які важко піддаються традиційній терапії. Золотистий стафілокок — один із чотирьох найбільш поширених видів бактерій, виявлених при хронічних ранах. Колаген є перспективною основою препаратів для загоєння ран, а також ідеальним матриксом при дослідженні інфекційних процесів шкіри та сполучних тканин.

У статті оцінено здатність формувати біоплівки штамами *S. aureus* на колагенових матрицях, отриманих з відходів виробництва натуральної шкіри (голінна обрізь після зоління та після знезолювання, міздря із сировини великої рогатої худоби).

Колаген отримували методом кислотної екстракції з подальшим відмиванням 0,9% NaCl до отримання рН 5.5. Як тест-культури використовували лабораторні штами та шпитальні ізоляти *S. aureus*. Штами було ізольовано з раневих поверхонь пацієнтів Київської обласної клінічної лікарні. Бактерії ідентифіковано як *Staphylococcus aureus* за допомогою VITEK 2 compact 15 (Франція). Ріст культур і біоплівкоутворення визначали за стандартними протоколами. Отримані дані проаналізовано в пакеті програм Excel, $p < 0,05$. Здатність формувати біоплівку варіювала залежно від зразка колагену та штаму мікроорганізму, однак досліджувані зразки колагену виявилися ефективними матрицями для формування біоплівок культурами бактерій. Зразки колагену, отримані з відходів виробництва натуральної шкіри (голінна обрізь після зоління та після знезолювання після двох екстракцій), можуть бути використані як матриці для росту і формування біоплівок штамами золотистого стафілококу та моделювання мікробних процесів при дослідженні лікування раневих поверхонь.

Ключові слова: колаген, біоплівки, стафілокок, відходи виробництва шкіри, матриці, загоєння ран.

Постановка проблеми. За даними ВООЗ, у структурі смертності населення третє місце займають травми, опіки та інші каліцтва. На сьогодні стимуляція загоєння ран у хірургії, комбустіології, дерматології залишається актуальною проблемою. Незважаючи на постійне вдосконалення методів лікування ран, частота інфекційних ускладнень у хірургії досягає 30%, а в комбустіології — 40%. В умовах гібридної війни на сході України ця проблема набула драматичних масштабів – осколкові поранення становлять 86,93% усіх поранень верхніх кінцівок [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Золотистий стафілокок — один із чотирьох найбільш поширених видів бактерій, виявлених у хронічних ранах.

Серед перев'язувальних матеріалів для ран представлені численні варіанти носіїв, імпрегованих різними антимікробними засобами. Найпоширенішою основою для таких препаратів є різні модифікації целюлози (бинти, марлі, метилцелюлоза), природні (колаген, хітин) та штучні полімерні плівки (полівінілпіролідон). Так, наприклад, перспективним є варіанти з плівкою з наночасток срібла, які мають антибактеріальний ефект [2]. Серед антимікробних речовин, якими просочують згадані матеріали, найбільш поширеними є антибіотики, антисептики та протигрибкові препарати. Конкурентами гідрогелевим та волокнистим пов'язкам стали антимікробні перев'язувальні матеріали з використанням фіксуючої полімерної композиції полісахаридної природи. Для створення композиції використовують окремі полісахаридні полімери або їх суміші [3]. На сьогодні набувають широкого використання пов'язки на основі колагену у вигляді губок, плівок і порошків для ран або опіків, а також хірургічних швів [4]. Колаген у фармацевтичній і біомедичній галузях застосовують як мікрочастинки, ін'єкційні дисперсії, щитки в офтальмології, систему доставки ліків, замітник шкіри, судин та зв'язок людини. Це пояснюється такими його характеристиками, як слабка антигенність, здатність до приєднання клітин, біорозкладаність і біосумісність. Колаген типу I вважається золотим стандартом для тканинної інженерії завдяки високій біосумісності. Від джерела походження та методів отримання залежить тип і якість колагену, а також перспективи його застосування. Колаген може бути отриманий із великої рогатої худоби, свиней, риб або птахів та очищений в подальшому для біомедичного застосування. Відходи виробництва шкіри є дешевим джерелом отримання колагену та його похідних. У шкурах ссавців 90—95% припадає на колаген I типу, який є найбільш бажаним при створенні ранозагоюючих покриттів. Молекула такого колагену зберігає практично незмінну молекулярну структуру білка, яка складається з трьох поліпептидних ланцюгів у потрійній спіралі з молекулярною масою близько 300 kD. Крім того, такий колаген має низьку імуногенність. Попередні дослідження показали можливість отримання чистого колагену типу I із відходів шкіряного виробництва з високим рівнем виходу [5].

У контексті розробки нових препаратів для лікування раневих поверхонь важливим аспектом є отримання дешевого колагену як базового носія для антимікробних речовин та інших компонентів препарату. Одним із перспективних джерел дешевого колагену є відходи виробництва натуральної шкіри.

Мета статті: оцінити здатність формувати біоплівки штамми *S. aureus* на колагенових матрицях, отриманих з відходів виробництва натуральної шкіри.

Матеріали і методи. Для отримання колагену використовували різні типи відходів виробництва натуральної шкіри: голину обрізь після зоління, голину обрізь після знезолювання та міздрю. Колаген екстрагували тричі з кожного виду відходів за методикою [6] зі змінами. Отримані зразки колагену після екстракцій відмивали дистильованою водою до досягнення рН 5.5. Як тест-культури використовували *Staphylococcus aureus* — лабораторний штам ATCC 25923 та шпитальні ізоляти 190 та 1377. Штами було ізольовано з раневих поверхонь пацієнтів Київської обласної клінічної лікарні. Бактерії було ідентифіковано як *Staphylococcus aureus* за допомогою VITEK 2 compact 15 (Франція). Підготовлені нічні культури мікроорганізмів наносили на зразки отриманого колагену і культивували в мікролуночних плашках при 37°C, приріст біомаси та біоплівкоутворення

визначали за загальноприйнятим протоколом з кристалічним фіолетовим [7]. Використовували подвійний контроль — інокульоване середовище без колагену (негативний) та з колагеном I типу «Геліос-11» (ТОВ «Томіг», Україна), фракція волокно (позитивний). Контроль стерильності подвійний — неінокульоване середовище та зразки колагену в стерильному середовищі.

Усі досліди проводили в трьох повтореннях, кількість паралельних визначень в експерименті становила 3. Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати і обговорення. У результаті проведених досліджень з'ясовано, що біомаси культур у переважній більшості досліджуваних варіантів відповідають контролю. Пригнічення вдвічі росту клітин на досліджуваних зразках колагену спостерігали лише в лабораторного штаму *S. aureus* (табл. 1).

З огляду на невелику кількість колагену, виділеного з міздри, та попередніх досліджень росту мікроорганізмів на таких зразках (формування слабких біоплівок) було вирішено зосередити увагу на зразках колагену з голивної обрізі після зоління та після знезолювання першої та другої екстракцій.

Таблиця 1. Приріст біомаси досліджуваних культур у зразках з колагеном

Зразок, екстракція*	Значення приросту біомаси (OD_{600}) тест-культур		
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	Шпитальний ізолят 190	Шпитальний ізолят 1377
1.1	0,557±0,04	0,300±0,02	0,366±0,01
1.2	0,562±0,01	0,223±0,05	0,351±0,01
2.1	0,638±0,04	0,229±0,02	0,331±0,01
2.2	0,655±0,01	0,185±0,01	0,340±0,01
Контроль (+)	1,008±0,3	0,260±0,01	0,362±0,01
Контроль (-)	1,01±0,22	0,347±0,01	0,503±0,01

Примітка: * — зразки колагену, отримані з голивної обрізі після зоління (1) та після знезолювання (2), після першої (1.1, 2.1) та другої (1.2, 2.2) екстракцій.

Здатність утворювати біоплівки всіх досліджуваних культур була вища при культивуванні на досліджуваних зразках колагену порівняно з позитивним контролем (табл. 2).

Таблиця 2. Показники біоплівкоутворення досліджуваних культур при рості на колагенових матрицях

Зразок, екстракція	Показники біоплівкоутворення (OD_{570}) тест-культур		
	<i>S. aureus</i> ATCC	Шпитальний ізолят 190	Шпитальний ізолят 1377
1.1	1,125±0,01	1,967±0,17	0,406±0,04
1.2	0,933±0,16	1,992±0,34	0,335±0,11
2.1	1,441±0,15	0,929±0,11	0,413±0,04
2.2	0,674±0,07	1,754±0,02	0,209±0,03
Контроль (+)	0,558±0,07	1,013±0,15	0,347±0,05
Контроль (-)	0,783±0,23	0,473±0,14	0,224±0,01

Імовірно, це може бути пов'язано з тим, що досліджувані зразки колагену, виділені з відходів виробництва натуральної шкіри, зберігають молекулярні містки

та йони, які виступають атрактантами для клітин [8]. Здатність формувати біоплівку варіювала залежно від зразка колагену та штаму стафілококу. Досліджувані зразки колагену виявилися ефективними матрицями для формування біоплівок. Так, здатність формувати біоплівку в досліджуваних штамів стафілококу була вдвічі вищою на зразках колагену з двох екстракцій голинної обрізі після зоління та знезолювання. Така варіативність показників може бути також пов'язана не лише з реакцією на поверхню, а й зі ступенем адгезивності штаму [9].

Згідно з [10] здатність до формування біоплівок на колагенових матрицях розподіляли таким чином (табл. 3).

Таблиця 3. Здатність до формування біоплівок *S. aureus* на колагенових матрицях*

Зразок, екстракція	<i>S. aureus</i> ATCC	Шпитальний ізолят 190	Шпитальний ізолят 1377
1.1	+++	+++	+
1.2	++	+++	+
2.1	+++	+++	++
2.2	++	+++	–
Контроль (+)	++	+++	+
Контроль (–)	++	+	+

Примітка: * — «+++» — сильна біоплівка, «++» — середня, «+» — слабка, «–» — біоплівка не сформувалася.

Ефективність формування біоплівки є штамоспецифічною ознакою. Так, лабораторний штам і шпитальний ізолят 190 формували сильну біоплівку на тих зразках колагену, де шпитальний ізолят 1377 — слабку.

Висновки

Зразки колагену, отримані з відходів виробництва натуральної шкіри (голинна обрізь після зоління та після знезолювання), можуть бути використані як матриці для росту і формування біоплівок штамми золотистого стафілококу та моделювання мікробних процесів при дослідженні раневих уражень.

Література

1. Страфун С. С., Борзих Н. О., Лакша А. А. Аналіз структури та лікування поранених з вогнепальними травмами верхніх кінцівок в умовах сучасних бойових дій. *Військова медицина України*. 2016. № 3. С. 97—105.
2. Bilous S. B., et al. The studies on the pharmaceutical development of dosage forms with silver and gold nanoparticles for use in dentistry and surgery. *Вісник фармації*. 2018. № 4. С. 28—36.
3. Кутько І. І. Перспективи розвитку біомедицини на основі NBIC-технологій в країнах світу і Україні. *Новості медицини і фармації*. 2016(3): 16—19.
4. Parenteau-Bareil R., Gauvin R., Berthod F. Collagen-Based Biomaterials for Tissue Engineering Applications. *Materials*. 2010. № 3. С. 1863—1887.
5. Wang X., Mengdi H. O. U., Liu X., Liang C., Ouyang Y. U. E., Zheng M. & Qiang T. 2019. U.S. Patent Application No. 16/290. 859.
6. Savchuk O., Raksha N., Ostapchenko L., Mokrousova O., Andreyeva O. Extraction and Characterization of Collagen Obtained from Collagen-Containing Wastes of the Leather Industry. *Solid State Phenomena*. 2017. № 267. P. 172—176.

7. O'Toole G. A. Microtiter dish biofilm formation assay. *Journal of Visualized Experiments*. 2011. № 47. P. e2437.
8. Lastowka, Andrew, Gennaro J. Maffia, Eleanor M. Brown. A comparison of chemical, physical and enzymatic cross-linking of bovine type i collagen fibrils. *Journal of American Leather Chemists' Association*. 2005. № 100. P. 196—202.
9. Helbig, Ralf et al. The impact of structure dimensions on initial bacterial adhesion. *Biomaterials science*. 2016. № 4(7). P. 1074—1078.
10. Xu Zhenbo et al. Crystal violet and XTT assays on *Staphylococcus aureus* biofilm quantification. *Current microbiology*. 2016. № 73(4). P. 474—482.

PRODUCTION OF HYDROPHOBIZED LEATHER AND FUR MATERIALS

A. Danylkovych

Kyiv National University of Technologies and Design

V. Lishchuk

PrAP "Chinbar"

Key words:

*Hydrophobized leather,
Fur velour,
Hydrophobization,
Alkenyl maleic anhydride
composition,
Physicochemical
properties*

Article history:

Received 10.09.2020

Received in revised form
25.09.2020

Accepted 08.10.2020

Corresponding author:

A. Danylkovych

E-mail:

ag101@ukr.net

ABSTRACT

An increase in the water resistance of leather and wool sheepskin fur can be achieved during preliminary filling-fat-liquoring treatment of a semi-finished product with reagents that actively interact with both dermal collagen and water repellents during physicochemical structuring of the material. The goal of the work was to develop environmentally safe technologies for the production of hydrophobized leather and fur velour materials using a composition based on an alkenyl maleic anhydride polymer.

For the production of hydrophobized leather materials, a chrome-tanned semi-finished leather product ("wet blue") was used after shaving to a thickness of 2.2 mm. Wet blue was obtained from green-salted bull hides by the current technology. To produce the hydrophobized fur velour, air-dried sheepskins of semi-coarse wool breed were used.

Fatliquoring-hydrophobizing of semi-finished product from bull hide skins was carried out in a spent filling solution. Fur velour was hydrophobized by moisturizing semi-finished product by spraying an emulsion of reagents onto the leather part of the sheepskin. Subsequent processes and operations for the production of final leather and fur velour were carried out according to the current technology.

The efficiency of the hydrophobizing process was evaluated using physicochemical characterization of the produced materials. Based on a set of properties, the produced materials were characterized by increased water resistance and improved mechanical properties compared to the materials obtained by current technologies.

Approbation and implementation of the developed technology for the production of hydrophobized leather was carried out at the private joint-stock company 'Chinbar'. The produced materials are suitable for the manufacture of elements for shoe uppers which can be used under extreme conditions. By approbation of the developed technology for the production of hydrophobic sheepskin fur velour in semi-industrial conditions, its increased water resistance and compliance with the requirements for military products were established.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-5-6

ФОРМУВАННЯ ГІДРОФОБІЗОВАНИХ ШКІРЯНИХ І ХУТРОВИХ МАТЕРІАЛІВ

А. Г. Данилкович

Київський національний університет технологій та дизайну

В. І. Ліщук

Приватне акціонерне підприємство «Чинбар»

Підвищена водостійкість шкіряних і велюрових овчинно-шубних матеріалів може бути досягнута за умов попереднього використання на стадії наповнювання-жирування структури матеріалу реагентів, які активно взаємодіють як з колагеном дерми, так і з гідрофобізаторами при фізико-хімічному його структуруванні. Зважаючи на це, розроблено екологічно ефективні технології формування гідрофобних шкір і хутрових велюрових матеріалів з використанням композиції на основі алкенмалеїнового полімеру.

Для формування гідрофобних шкір використано шкіряний напівфабрикат хромового дублення після стругання товщиною 2,2 мм, вироблений із мокросолених шкур великої рогатої худоби (бичка) за діючою технологією. Для отримання гідрофобізованого хутрового велюру використано шкури напівгрубошерстних овчин прісно-сухого консервування.

Жирування-гідрофобізацію напівфабрикату шкур бичка виконано у відпрацьованому наповнювальному розчині. Гідрофобізацію хутрового велюру проведено при зволоженні напівфабрикату шляхом розпилення емульсії реагентів на шкірну тканину овчин. Наступні процеси й операції виготовлення готової шкіри і хутрового велюру виконано за діючою технологією.

Ефективність процесу гідрофобізації отриманих матеріалів оцінювали методами фізико-хімічних досліджень. За комплексом властивостей отримані матеріали характеризуються підвищеними показниками водостійкості й деформаційних властивостей порівняно з матеріалами, отриманими за діючими технологіями.

Проведено апробацію і впровадження розробленої технології виготовлення гідрофобних шкір на приватному підприємстві АТ «Чинбар», які придатні для виготовлення елементів для верху взуття, що може експлуатуватись в екстремальних умовах. Апробацію розробленої технології виготовлення гідрофобізованого хутрового велюру овчини у напіввиробничих умовах встановлено підвищену його водостійкість і відповідність вимогам до виробів військового призначення.

Ключові слова: гідрофобна шкіра, хутровий велюр, гідрофобізація, алкенмалеїнова композиція, фізико-хімічні властивості.

Постановка проблеми. Ефективна експлуатація виробів із натуральних матеріалів, які використовуються в складних умовах зовнішнього середовища, вимагають розроблення інноваційних технологій їх виготовлення. Враховуючи значні обсяги виробництва шкіряних матеріалів із шкур великої рогатої худоби (ВРХ) і овчинно-шубних матеріалів із шкур овець та особливості їх структури,

підвищення водостійкості, теплозахисних властивостей пов'язано насамперед з пошуком і синтезом нових реагентів і хімічних матеріалів та їх застосуванням без суттєвих змін існуючих технологій. Підвищена водостійкість шкіряних і велюрових овчинно-шубних матеріалів може бути досягнута за умов попереднього використання на стадії наповнювання-жирування структури дерми реагентів, які активно взаємодіють як з колагеном дерми, так і з гідрофобізаторами при фізико-хімічному структуруванні напівфабрикату. Зважаючи на це, значний практичний інтерес мають продукти взаємодії α -алкенів з малеїновим ангідридом поліфункціональної природи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з необхідністю стабілізації гідрофільності колагенвмісної сировини в фізико-хімічних процесах формування шкіряних і хутрових матеріалів та підвищенням їх водостійкості на завершальних стадіях оброблення використовується широкий асортимент реагентів різної хімічної природи й типу радикалів. При цьому необхідно відзначити принципову відсутність суттєвих відмінностей у структурі та властивостях шкірної тканини хутра та дерми шкіри. Надання матеріалам водовідштовхувальних властивостей можливе шляхом формування покриттів з більш низькою енергією і, відповідно, утворенням на поверхні колагенової структури суцільної плівки [1; 2]. Зокрема, стійкі гідрофобні властивості матеріалу проявляються при зниженні поверхневого натягу до 40 мДж/м², а супергідрофобний ефект досягається при 10 мДж/м². Для підвищення водостійкості матеріалів легкої промисловості найбільше практичне застосування знаходять емульсії парафінів із солями алюмінію чи цирконію, четвертинні амонієві сполуки, похідні вищих жирних кислот (ВЖК), сполуки хрому з ВЖК, похідні мелаїну чи етиленсечовини із залишками ВЖК; кремнійорганічні гідрофобізатора; полімери на основі фторованих вуглеводів; жирувальні композиції на основі лецитину [1; 3].

З цієї ж метою у [4] рекомендується використовувати фторкремнієві та полімерні фторкарбоніві сполуки. Автори відзначають суттєве підвищення водостійкості й пластичності шкіряного матеріалу при використанні кополімеру на основі ефіру малеїнової кислоти і α -оксипропільдіметилсилоксану за співвідношення 2:1, акрилової кислоти і 1-октадекана [5; 6]. Рекомендується також сумісне використання силанових, карбонільних, карбоксильних і гідроксильних сполук [7]. При цьому на поверхні модифікованої структури матеріалу утворюються поверхневі захисні плівки. Позитивний вплив на підвищення водостійкості шкіри спостерігається при використанні полімерних систем на основі полівінілетинілдігідроксихлорсилану [8]. Зокрема, крайовий кут змочування досягає 110 град., який після 300 циклів стирання знижується тільки на 15%.

При використанні для оброблення шкіряного і хутрового напівфабрикату таких реагентів, як фторсилани і фторсилоксани досягається підвищення його водостійкості й міцності [9]. Шкірна тканина хутра набуває стійкого гідрофобного ефекту, що проявляється в зменшенні її вологості та намокання в три рази. При цьому тривалість водопомокання підвищується в 34 рази зі збереженням гігієнічних властивостей. Значний гідрофобний ефект досягається при сумісному обробленні колагенвмісних матеріалів хімічними реагентами й низькотемпературною плазмою. Комплексне оброблення сполуками гексаметилдисилоксану і

тетраетилортосилікату разом з низькотемпературною плазмою [10] супроводжується суттєвим підвищенням водостійкості матеріалу. У [11; 12] досліджено фізико-хімічні й гігієнічні властивості колагенвмісного напівфабрикату під впливом умов його плазмового оброблення і витрат кремнійорганічного полімеру А-187. Отримані матеріали за гідрофобним ефектом характеризувались збільшенням тривалості всмоктування краплі води на 86% зі зменшенням гігроскопічності на 76–87% і підвищенням міцності на 23%.

Отже, незважаючи на широкий асортимент хімічних матеріалів, що використовуються при формуванні колагенвмісних шкіряних і хутрових матеріалів підвищеної водостійкості, практично відсутній науково обґрунтований підхід до ефективного використання таких реагентів з урахуванням особливостей структури і фізико-хімічних властивостей шкіряного та хутрового напівфабрикату.

Мета дослідження: розроблення екологічно ефективних технологій формування гідрофобних шкір і хутрових велюрових матеріалів з використанням композиції на основі алкенмалеїнового полімеру.

Викладення основних результатів дослідження. Для формування гідрофобних шкір використано шкіряний напівфабрикат хромового дублення після стругання товщиною 2,2 мм, вироблений із мокросолених шкур великої рогатої худоби (ВРХ) — бичка, за діючою технологією. Отриманий напівфабрикат промивали у барабані марки Dozemat DD-7,7 фірми Dose Maschinenbau GmbH (Німеччина) об'ємом 7,4 м³ за температури 32—36°C протягом 10—15 хв (табл. 1), нейтралізували розчином формиату натрію і бікарбонату натрію у співвідношенні 1:1, наповнювали рослинним екстрактом квебрахо з розрахунку на 100% активність. Значення рН розчину коригували сульфідом натрію до 5,8—6,0. Наповнювання напівфабрикату завершували після його наскрізного профарбування екстрактом квебрахо.

Таблиця 1. Параметри процесу гідрофобізації напівфабрикату хромового дублення

Процес	Реагент	Витрата, %	Тривалість, хв	Температура, °С
Промивання	Вода	200	10—15	32—36
Нейтралізація	Вода	120		32—36
	Форміат натрію Бікарбонат натрію	1 1	60	
Промивання	Вода	200	10—15	40—42
Наповнювання	Вода	70—80	60—80	40—42
	Натуральний екстракт квебрахо (розчин)	6—7		
	Сульфід натрію	0,6—0,7		
Жирування-гідрофобізація	Вода	100—110	40—60	55—60
	Алкенмалеїнатний полімер	4,0—4,5		
	Олеїнова кислота	1,2—1,3		
	Риб'ячий жир	6,0—7,0		
Фіксація	Алюмокалійовий галун	0,4—0,5	20—30	55—60
	Форміат натрію	0,3—0,4		
Промивання	Вода	200	10—15	22—25

Впроваджений у промислове виробництво процес жирування-гідрофобізації напівфабрикату виконували у відпрацьованому наповнювальному розчині після підвищення його температури до 55—60°C водою, що мала температуру 95—98°C. При цьому об'єм води у барабані підвищувався на 30%. Для фіксації дифундованих танідів та інгредієнтів жирувально-гідрофобізуючої композиції у напівфабрикаті в розчин дозували алюмокалієвий галун до рН 4,0—4,2 і форміат натрію. Через 20—30 хв відпрацьований розчин зливали і напівфабрикат промивали водою за температури 22—25°C. Подальші сушильно-зволожувальні процеси й операції виконували за діючою технологією.

Контрольні зразки шкіри відрізнялись від дослідних жируванням, у якому використано емульсію матеріалу Tgrol DL як суміш сульфатованих і сульфитованих синтетичних та натуральних жирів аніонного типу з вмістом активної речовини 70%, рН 10% емульсії 7,5, виробництва фірми Trumpler (Німеччина).

Для оцінювання експлуатаційних властивостей гідрофобізованої шкіри використаний комплекс фізико-хімічних методів досліджень після попереднього кондиціонування зразків за нормальних умов [15]. Вміст вологи в шкірі визначали за температури 128—133°C, сполук хрому — йодометричним титруванням як масову частку оксиду хрому (III). Жирові речовини екстраговані органічними розчинниками (РЕОР) в апараті Зайченка з використанням тетрахлорметану і подальшим висушуванням за температури 128—133°C до постійної маси жирового залишку. Для визначення динамічного водопомокання отриманого матеріалу використані прилади «ПВД-2» (РФ) і «IG/IUP 10» фірми Giuliani (Італія) в інтервалі швидкостей деформування зразків 24—120 подвійних ходів.

Напруження при розтягуванні та подовження зразків шкіри вимірювали за допомогою розривної машини РМ-250М (РФ) зі швидкістю деформування 90 мм/хв. Жорсткість вимірювали на приладі ПЖУ-12М (РФ).

Результати дослідження фізико-хімічних досліджень гідрофобізованої шкіри наведені в табл. 2 і рис. 1. Як видно з табл. 2, гідрофобізована шкіра відрізняється від негідрофобізованих зразків підвищеним вмістом на 15% речовин екстрагованих органічними розчинниками, а за комплексом деформаційних показників більшою еластичністю та міцністю.

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості гідрофобізованої шкіри

Показник	Шкіра	
	гідрофобна	негідрофобізована
Вміст ¹ , мас. %, вологи	11,58	13,37
– оксиду хрому	4,21	4,33
– золи	6,31	6,49
– РЕОР	9,98	8,67
– голинної речовини	61,26	62,86
Межа міцності, МПа	25,0	22,3
Подовження при 9,81 МПа, %	29,4	25,3
Жорсткість на ПЖУ-12М, сН	27,5	30,7

Примітка: ¹ вміст інгредієнтів наведено в перерахунку на абсолютно суху речовину.

Слід відзначити, що гідрофобізована шкіра характеризується високим опором дифузії води за умов динамічного деформування. При цьому за мінімальної швидкості деформування гідрофобізованої шкіри цей показник досягає 218 хв (рис. 1), тоді як негідрофобізований матеріал промокає за 1,5 хв. Водночас при збільшенні швидкості деформування зразків гідрофобізованої шкіри у 5 разів цей показник зменшується у 2,2 раза.

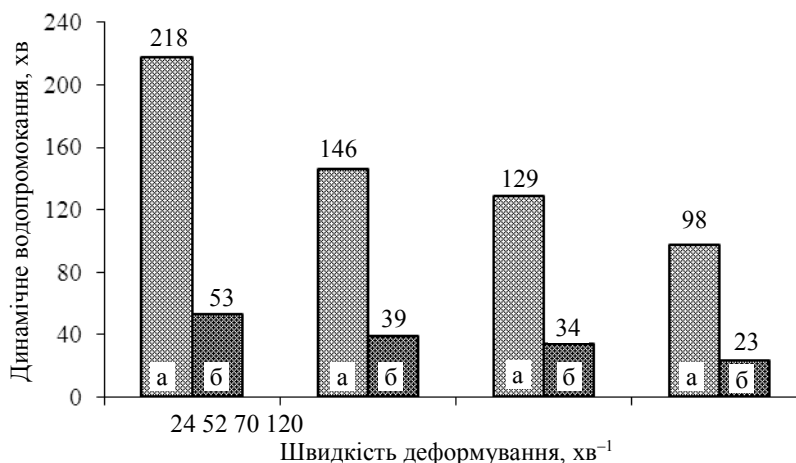


Рис. 1. Залежність динамічного водопомокання гідрофобізованої шкіри і хутрового велюру овчини від швидкості деформування: а — шкіра, б — велюр

Отже, за комплексом фізико-хімічних властивостей гідрофобізована шкіра при наповнюванні-жируванні з використанням композиції на основі алкенмалеїнового полімеру характеризується ефективним блокуванням гідрофільних ділянок колагену дерми і пластифікацією фібрилярної структури шкіри.

Для отримання гідрофобізованого хутрового велюру використані шкури напівгрубошерстних овчин прісно-сухого консервування. Всі відмочувально-дубильні процеси виконували в баркасі об'ємом 0,33 м³ за технологією [13]. Після 12 год витримування дубленого напівфабрикату і вологого шліфування на міздрильній машині з тупими ножами овчини додатково обробляли хромовим дубителем основністю 35—40% у перерахунку на оксид хрому (III) — 4 г/дм³ та алюмокалієвим галуном — 7 г/дм³, який додавали через 1 год від початку процесу. Додублювання овчин завершували після 6 год перемішування у баркасі за досягнення температури зварювання напівфабрикату 90°C. Наступні процеси й операції виконували за діючою технологією [13].

Жирування-гідрофобізацію хутрового велюру проводили при зволоженні напівфабрикату шляхом розпилення 10% водно-органічної дисперсії алкенмалеїнової композиції та алюмокалієвого галуну [14] 1% концентрації у перерахунку на Al₂O₃ з витратою відповідно 60 і 20 г/м² на шкірну тканину овчин. Отриманий напівфабрикат овчин після витримування у штабелі протягом 12—24 год і ряду фізико-механічних оброблень — відкатування, розбивання на машині РМ-2 та витягувально-м'якшильній машині «Mollisana» фірми Svit (Чехія), розчісування,

стриження, підсушування, знежирювання, шліфували абразивною шкуркою зернистістю № 4. Потім хутровий велюр знепилювали у протрушувальному барабані та укладали ворс жорсткою щіткою у напрямку від огузка до воротка. У контрольному варіанті технології як жирувальний матеріал використано емульсію Tgurol DL.

Ефективність процесу гідрофобізації хутрового велюру з використанням дисперсії алкенмалеїнової композиції оцінювали методами фізико-хімічних досліджень [15]. Хімічний склад, динамічне водопомокання і фізико-механічні показники шкірної тканини гідрофобізованого хутрового велюру визначали аналогічно шкіряному матеріалу. При оцінюванні фізико-механічні властивостей хутрового велюру використані цілі шкури овчин і спеціальні затискачі до розривної машини. Намокання шкірної тканини хутрового велюру визначали за приростом маси. Дифузію парів води через зразки хутра вимірювали ексікаторним методом з використанням сірчаної кислоти.

Фізико-хімічні властивості гідрофобізованого хутрового велюру наведені в табл. 3 (рис. 1 і 2). Гідрофобізований велюр порівняно з негідрофобізованим хутровим велюром, отриманим за діючою технологією, має більший на 16% вміст екстрагованих жирювих речовин (табл. 3). При цьому водопоглинання у статичних умовах шкірної тканини велюру через 2 год зменшується у 2,3 раза (рис. 2) порівняно з негідрофобізованим матеріалом, а через 24 год маса зразків зростає, відповідно, на 24% і 4, 4%. Це свідчить про ефективну гідрофобізацію структури шкірної тканини хутрового велюру, отриманого за розробленою технологією. Водночас паропроникність отриманого хутрового велюру дещо зменшується, що може бути обумовлено складним механізмом адсорбції-десорбції молекул води при їх дифузії через матеріал, пов'язаним з гідрофобністю і пористістю гідрофобізованого хутрового велюру.

Таблиця 3. Фізико-хімічні властивості гідрофобізованого хутрового велюру

Показник	Велюр	
	гідрофобізований	за діючою технологією
Вміст ¹ , мас. %, вологи	11,35	13,12
– оксиду хрому	3,67	3,43
– золи	7,16	6,18
– РЕОР	13,69	14,31
– голинної речовини	64,30	65,18
Динамічне водопомокання, хв, за швидкості деформування, хв ⁻¹ , 70	27	0,4
Навантаження при розриванні цілої овчини площею понад 40 дм ² , Н	227	204
Подовження повне цілих овчин при напруженні 9,8 МПа, %	36	31
Паропроникність, 10 ⁻⁶ кг/(м ² ·с)	4,67	5,78
Пористість, %	59	56

Примітка: ¹ вміст інгредієнтів наведено в перерахунку на абсолютно суху речовину.

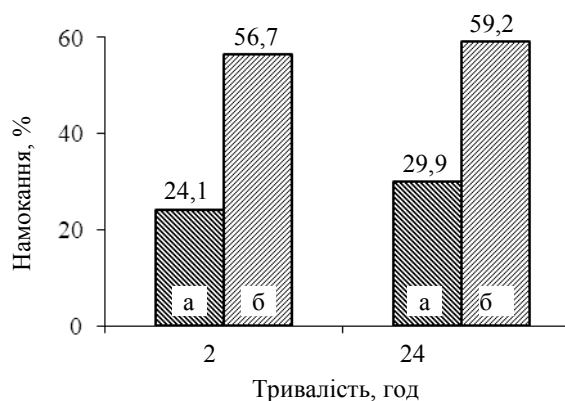


Рис. 2. Залежність намокання шкірної тканини хутрового велюру від тривалості його контакту з водою: а — гідрофобізованого; б — отриманого за діючою технологією

Зі збільшенням швидкості деформування тривалість промокання шкірної тканини гідрофобізованого велюру, як і шкіри, зменшується, але меншою мірою для шкіряного матеріалу (рис. 1). Це може бути обумовлено підвищеною мобільністю гідрофобізованих елементів шкірної тканини порівняно зі шкірою. За комплексом міцнісно-деформаційних властивостей гідрофобізований хутровий велюр характеризується підвищеними значеннями показників, відповідно, на 11 і 16 %. Слід відзначити, що отриманий гідрофобізований велюр овчини має вищу міцність на 27 Н порівняно з технічними вимогами до хутрового матеріалу для виготовлення зимових головних уборів військового призначення [16].

Апробація розробленої технології виготовлення гідрофобізованої шкіри для верху взуття проведена на приватному шкіряному підприємстві АТ «Чинбар» (м. Київ, Україна). Отримано три партії гідрофобізованої шкіри з напівфабрикату ВРХ загальною масою 2,5 т, виготовленого зі шкур бичка за діючою технологією товщиною 2,2 мм. Для гідрофобізації шкіряного напівфабрикату використана технологія за ліцензійним договором № 1-20 від 27 січня 2020 р., на яку отримано патент на корисну модель № 134919 з датою пріоритету від 29 грудня 2018 року. Наступні процеси й операції виготовлення готової шкіри виконуються за діючою технологією підприємства.

Висновки

Розроблені технології гідрофобізації шкіри для верху взуття і хутрового велюру овчини з використанням композиції на основі алкенмалеїнового полімеру при наповнюванні-жируванні шкіряного напівфабрикату та методом розпилення на стадії зволоження хутрового велюру овчин.

Досліджено фізико-хімічні властивості отриманих шкір і хутрового матеріалу. За комплексом властивостей отримані матеріали характеризуються підвищеними показникам водостійкості та деформаційних властивостей порівняно з матеріалами, отриманими за діючими технологіями. Отриманий гідрофобний ефект при використанні розробленої технології обумовлений блокуванням гідрофільних ділянок колагену дерми з підвищенням гідрофобності і мобільності елементів фібрилярної структури матеріалу.

Проведено апробацію і впровадження розробленої технології виготовлення гідрофобних шкір на приватному підприємстві АТ «Чинбар», які придатні для виготовлення виробів для верху взуття, що будуть експлуатуватись в екстремальних умовах. Отримані шкіри відповідають ДСТУ 2726-94 «Шкіра для верху взуття. Технічні умови» і міжнародному стандарту ISO 9001:2015.

Проведена апробація розробленої технології виготовлення гідрофобізованого хутрового велюру овчини у напіввиробничих умовах. Запропонована технологія забезпечує формування овчин з підвищеною водостійкістю, які відповідають вимогам до виробів військового призначення.

Література

1. Николаенко Г. Р., Минлебаева М. Н. Обзор существующих гидрофобизирующих материалов, используемых в лёгкой промышленности. *Вестник технологического университета*. 2015. Т. 18. № 17. С. 165—168.
2. Marmur A. The Lotus Effect: Superhydrophobicity and Metastability. *Langmuir*. 2004. V. 20. P. 3517—3519. URL: <https://doi.org/10.1021/la036369u>.
3. Товбин Ю. К., Тугазаков Р. Я., Комаров В. Н. Молекулярный транспорт в узких каналах. *Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева*. 2008. Т. 22. № 5. С. 120—127.
4. Оценка эффективности препаратов для поверхностной гидрофобизации спилка / З. К. Низамова, М. В. Калинин, Н. В. Евсюкова и др. *Кожевенно-обувная промышленность*. 2012. № 2. С. 18—19.
5. Dahmen K., Mertens R. Use of siloxane copolymers for treating leather and pelts. *Leather Sci. Abstr.* 1995. № 1. С. 9—10.
6. Kovacevic V., Babic R. Postizavanje otpornosti na vodu kože za specijalne namjene. *Koza i obuca*. 1993. 42. № 11—12. С. 127—128.
7. Джураев А. М., Кадиоров Т. Ж., Тошев А. Ю. Влияние гидрофобизации на эксплуатационные свойства кож для верха обуви. *Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование*. 2015. С. 48—54.
8. Полиэтилгидроксилосаноакрилатные полимеры для повышения эффекта гидрофобизации / В. Н. Ахмедов, А. М. Джураев, А. Ю. Тошев и др. *Химическая технология*. 2007. Т. 5. С. 145—146.
9. Гидрофобизация кожевенно-мехового полуфабриката фторсодержащими функциональными силанами и силоксанами / Н. В. Евсюкова, И. В. Воробьёва, Л. М. Полухина и др. *Дизайн и технологии*. 2009. № 11. С. 68—72.
10. Surface activation and coating on leather by dielectric barrier discharge (DBD) plasma at atmospheric pressure / М. Koizhaiganova, М. Meyer, F. Junghans, А. Aslan. *SLTC journal*. 2017. V. 101, 2. P. 86—93.
11. Шатаева Д. Р., Кулевцов Г. Н., Абдуллин И. Ш. Получение кожевенных материалов из шкур овчины и КРС с улучшенными гигиеническими свойствами при помощи обработки ННТП и кремнийорганическими соединениями. *Вестник Казанского технол. университета*. 2014. Т. 17. № 11. С. 86—88.
12. Шатаева Д. Р., Кулевцов Г. Н., Абдуллин И. Ш. Исследование влияния взаимодействия неравновесной низкотемпературной плазмы и кремний-органических соединений на физико-механические свойства кож из шкур КРС. *Вестник Казанского технол. университета*. 2014. Т. 17. № 11. С. 73—75.
13. Данилкович А. Г., Ліщук В. І., Стрембулевич Л. В. Сучасне виробництво хутра. Київ: Фенікс, 2016. 320 с.
14. Данилкович А. Г., Хлебнікова Н. Б. Модифікація колагенвмісних матеріалів для формування водостійких виробів. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, № 5. С. 7—14.
15. Данилкович А. Г., Чурсин В. И. Аналитический контроль в производстве кожи и меха. Лаб. пр-кум: учеб. пособие. Москва: Инфра-М, 2016. 176 с.
16. Технічні вимоги на виготовлення шапки зимової парадно-вихідної та шапки зимової повсякденної / Затв. Командувач національної гвардії України генерал-полковник Аллеров Ю. В. 31.01.2018. Київ. 17 с.

**OBTAINING PRACTICALLY VALUABLE COMPOUNDS
WITH THE USE OF RECOMBINANT YEAST
SACCHAROMYCES CEREVISIAE. PART ONE:
SYNTHESIS OF ETHANOL, BUTANOL AND ISOBUTANOL**

V. Potapenko, O. Skrotska

National University of Food Technologies

Key words:

Saccharomyces cerevisiae
Recombinant yeast
Bioethanol,
Biobutanol
Isobutanol

Article history:

Received 18.09.2020
Received in revised form
09.10.2020
Accepted 23.10.2020

Corresponding author:

V. Potapenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

With the development of genetic engineering methods, the yeast *Saccharomyces cerevisiae* began to be used as an expression platform for the production of practically valuable compounds, in particular alcohol, which can be used as biofuel. Today *S. cerevisiae* cells are a widely studied model eukaryo system at the molecular level, which can be used with a large number of available genetic tools.

This review analyzes the modern scientific literature on the production of ethanol, butanol and isobutanol using genetically modified *S. cerevisiae* cells.

Modern research on the possibility of obtaining bioethanol using microbial synthesis is aimed at using lignocellulosic raw materials as a reducing energy source. Therefore, the aim of constructing recombinant *S. cerevisiae* strains is to create cells that will be able to consume sugar of lignocellulosic materials. Since *Saccharomycetes* are not capable for catabolizing xylose, yeast modification is carried out using such heterologous pathways as xylose reductase-xylitol dehydrogenase or xylose isomerase. The next challenge is to create *S. cerevisiae* strains that are capable for simultaneously fermenting mixed sugar of lignocellulosic materials. Since in the process of pretreatment of lignocellulosic raw materials by physical or chemical methods, a large number of toxic compounds are formed that are inhibitors of microbial fermentation, one of the tasks is to design *S. cerevisiae* that will be resistant to the effects of various inhibitors.

The microbiological production of butanol was one of the first large-scale industrial process of global importance. Research of this process, despite its 100-year history of development, continues nowadays. Bacteria of the genus *Clostridium* are natural butanol producer. Due to a number of disadvantages of their use, the attention of scientists is attracted by other microorganisms that are widely used on an industrial scale, in particular the yeast *S. cerevisiae*.

Isobutanol is the next generation biofuel. This alcohol is a by-product of the synthesis of valine in *S. cerevisiae*. To increase its synthesis, recombinant yeast strains are created using various strategies of genetic and metabolic engineering.

ОТРИМАННЯ ПРАКТИЧНО ЦІННИХ СПЛУК З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКОМБІНАНТНИХ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*. ЧАСТИНА 1: СИНТЕЗ ЕТАНОЛУ, БУТАНОЛУ ТА ІЗОБУТАНОЛУ

В. В. Потапенко, О. І. Скроцька

Національний університет харчових технологій

У пропонованому огляді зроблено аналіз сучасної наукової літератури щодо отримання етанолу, бутанолу та ізобутанолу з використанням генетично модифікованих клітин *S. cerevisiae*.

Сучасні дослідження щодо можливості отримання біоетанолу за допомогою мікробного синтезу спрямовані на використання лігноцелюлозної сировини як поновлювального джерела енергії, тому метою конструювання рекомбінантних штамів *S. cerevisiae* є створення клітин, здатних споживати цукри лігноцелюлозних матеріалів. Оскільки сахароміцети не здатні катаболізувати ксилону, модифікацію дріжджів проводять, використовуючи такі гетерологічні шляхи, як ксилоредуктазно-ксилітолдегідрогеназний або ксилозоізомеразний. Наступним завданням є створення штамів *S. cerevisiae*, здатних одночасно зброджувати змішані цукри лігноцелюлозних матеріалів. У процесі попередньої обробки лігноцелюлозної сировини фізичними чи хімічними методами утворюється велика кількість токсичних сполук, які є інгібіторами мікробної ферментації, тому одним із завдань є конструювання *S. cerevisiae*, що будуть стійкими до дії різних інгібіторів.

Мікробіологічне виробництво бутанолу було одним з перших широкомасштабних промислових процесів глобального значення. Дослідження цього процесу, незважаючи на його столітню історію розвитку, продовжуються і нині. Природними продуцентами бутанолу є бактерії роду *Clostridium*. Через ряд недоліків їх застосування увагу науковців привертають інші мікроорганізми, які широко використовуються у промислових масштабах, зокрема дріжджі *S. cerevisiae*.

Ізобутанол є біопаливом наступного покоління. Це побічний продукт синтезу валіну у *S. cerevisiae*. Для збільшення його синтезу створюють рекомбінантні штами дріжджів, використовуючи різні стратегії генетичної та метаболічної інженерії.

Ключові слова: *Saccharomyces cerevisiae*, рекомбінантні дріжджі, біоетанол, біобутанол, ізобутанол.

Постановка проблеми. Традиційні сфери використання дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* — це хлібопечення, виноробство, пивоваріння, виробництво спирту, виготовлення квасу, отримання кормового білка та використання як дозавки до кормів сільськогосподарських тварин [1—3]. З розвитком методів генної інженерії їх стали використовувати як експресійну платформу для отримання практично цінних сполук, зокрема спиртів, які можна використати як біопаливо [4—8].

Мікробіологічний синтез біопалива з використанням поновлювальних джерел енергії є альтернативою нафтопереробним заводам. Хоч нафта і є одним із найбільш важливих джерел енергії, але її запаси не є невичерпними [9], тому розробка технологій поновлюваного й економічно вигідного біопалива є актуальним завданням сьогодення.

При розробці економічних процесів мікробної конверсії в промислових масштабах необхідно враховувати, що субстрати для мікробного синтезу повинні бути дешевими, екологічними і не конкурувати з продуктами харчування. Саме тому лігноцелюозна сировина є найбільш перспективним поновлювальним джерелом, що відповідає вказаним вимогам [10]. Глюкоза і ксилоза — найбільш поширені моносахариди у лігноцелюозній біомасі. Незважаючи на те, що існує велика кількість бактерій і дріжджів, які здатні природним шляхом утилізувати ксилозу [11—13], клітини *S. cerevisiae* мають ряд переваг — стійкість до високого осмотичного тиску, низьких значень рН, високих концентрацій спиртів та до дії інгібіторів лігноцелюозних гідролізатів [14].

На сьогодні *S. cerevisiae* — це широко вивчена на клітинному та молекулярному рівні модельна еукаріотична система, при роботі з якою можна використовувати велику кількість доступних генетичних інструментів [15], тому **метою пропонованого огляду** є аналіз сучасної наукової літератури останніх років щодо отримання етанолу, бутанолу та ізобутанолу з використанням генетично модифікованих клітин *S. cerevisiae*.

Викладення основних результатів дослідження. Етанол. Біоетанол є екологічно чистим автомобільним паливом, яке можна використовувати окремо або в суміші з бензином. Він має ряд переваг: високе октанове число, широкий температурний діапазон займання, нетоксичний, може легко розкладатись мікроорганізмами [16]. Використання сільськогосподарських культур як джерела для отримання біоетанолу на сьогодні не є актуальним, оскільки на цей процес витрачається велика кількість сировини, яку потрібно вирощувати на великих площах тривалий час. Тому лігноцелюозна сировина, яка є відходами сільського господарства та деревопереробної промисловості, є перспективним поновлювальним джерелом для отримання біоетанолу [17].

Лігноцелюлоза складається з таких полісахаридів, як целюлоза і геміцелюлоза, а також ароматичного полімеру лігніну. Для ефективного використання лігноцелюлози необхідне швидке та повне споживання її цукрів, тобто має відбуватись біоконверсія ксилану, ксилоолігоцукрів і целюлози. Зазвичай, ксилан геміцелюлози розщеплюється на ксилоолігоцукри ендо- β -ксиланазою, після чого β -ксилозидаза розкладає ксилоолігоцукри до ксилози [18]. Для того, щоб у процесі біосинтезу отримати високі концентрації етанолу, дріжджі *S. cerevisiae* повинні використовувати всі цукри, що містяться в середовищі. Проте проблема полягає в тому, що сахароміцети не здатні споживати ксилозу [19].

Для здійснення катаболізму ксилози клітини *S. cerevisiae* модифікують, використовуючи такі гетерологічні шляхи, як ксилоредуктазно-ксилітолдегідрогеназний (КР-КДР) або ксилозоізомеразний (КІ) [20]. При використанні шляху КР-КДР спостерігається окисно-відновний дисбаланс, оскільки відновлення ксилози до ксилітолу каталізується за допомогою ксилоредуктази з використанням NADPH, а окислення ксилітолу в ксилулозу каталізується ксилітолдегідрогеназою з використанням NAD⁺, що призводить до накопичення ксилітолу та зменшення концентрації етанолу. З іншого боку, проміжний продукт не утворюється

при використанні КІ шляху, оскільки ксилоза безпосередньо метаболізується в ксилулозу, але швидкість споживання ксилози в рекомбінантних штамів, що мають шлях КІ, значно нижча, ніж у штамів зі шляхом КР-КДР [21].

Використовуючи гетерологічний шлях КР-КДР, було модифіковано ряд сахароміцетів. Лі зі співавт. виділили з *Orpinomyces* sp. та *Prevotella ruminicola* ген β -ксилозидази й експресували у *S. cerevisiae* Alpha25, що дало змогу одержати на середовищі з ксилозою 13 г/л етанолу [22]. Із *Penicillium oxalicum* був виділений ген β -ксилозидази (*xyl3A*). Цей фермент перетворює ксилоолігосахариди в ксилозу з подальшим утворенням етанолу на лігноцеллолозних відходах. У результаті генетичної модифікації геном *xyl3A* *S. cerevisiae* були отримані рекомбінантні штами BSPX042, BSGO, BSGBX, BSGMBX, BSGIBX, BSGPBX, BSGSBX. Найвища концентрація етанолу спостерігалась при культивуванні штаму *S. cerevisiae* BSGIBX [23].

Триває пошук нових джерел генів ксилозоізомерази, які можна було б інтегрувати у геном дріжджів. Використовуючи гени КІ *Reticulitermes speratus*, які було виділено з термітів, дослідники створили рекомбінантні дріжджі *S. cerevisiae* WR311. Штам характеризується підвищеною здатністю до утилізації ксилози [24].

Конструювання дріжджів, які здатні одночасно зброджувати змішані цукри лігноцеллолозних матеріалів, є основним завданням при оптимізації виробництва біоетанолу. Wang зі співавт. створили штам *S. cerevisiae* BSW4XA3, здатний до одночасного споживання D-глюкози, D-ксилози і L-арабінози. Сконструйований штам характеризувався підвищеним споживанням змішаних цукрів і виходом етанолу під час культивування [25].

При культивуванні дріжджів на середовищі з ксилозою і глюкозою споживання ксилози розпочинається лише після повного катаболізму глюкози. Тому при конструюванні рекомбінантних дріжджів, у яких функціонує гетерологічний шлях КІ, необхідно вдосконалити систему поглинання і катаболізму ксилози за одночасної наявності глюкози в середовищі культивування. Нещодавно створено штам *S. cerevisiae* CW9, в клітині якого інтегровано гени ксилозоізомерази разом із білками гексозних транспортерів. У результаті культивування цього штаму вихід етанолу становив 90% від теоретично розрахованого [26].

При ферментативному гідролізі целюлози утворюється целобіоза — дисахарид глюкози. Дія на целобіозу β -глюкозидази призводить до вивільнення глюкози, яка спричиняє катаболітну репресію ксилози в процесі культивування [27]. Природні штами *S. cerevisiae* не зброджують целобіозу. Існують також два підходи до конструювання дріжджів, які будуть здатні засвоювати целобіозу. Перший — експресія гетерологічних генів, що кодують транспортер целобіози і β -глюкозидази, яка каталізує гідроліз целобіози до двох молекул глюкози, що далі фосфорилуються до глюкозо-6-фосфату. Другий — скоординована експресія транспортера целобіози і целобіозофосфорилази, яка використовує неорганічний фосфат для гідролізу целобіози, при цьому утворюється глюкоза і глюкозо-1-фосфат [28]. Американськими вченими створено штам *S. cerevisiae* BF3645, в якому функціонують гени ксилозоізомерази, двох транспортерів целобіози і целобіозофосфорилази, за допомогою яких цей штам здатний до коферментації ксилози і целобіози з утворенням етанолу в анаеробних умовах [29].

Ведуться роботи з конструювання сахароміцетів не лише з високим метаболічним потенціалом для ферментації ксилози, а й з високою стійкістю до дії

інгібіторів (органічні кислоти, фурани, феноли тощо), що наявні в лігноцелюлозних гідролізатах. Так, сконструйовано штам *S. cerevisiae* NAPX37, який може швидко метаболізувати ксилозу у високих концентраціях (75 г/л) під час періодичного та безперервного культивування. Клітини цього штаму стійкі до дії оцтової, мурашиної та левулінової кислот, що наявні в лігноцелюлозних гідролізатах [30].

У табл. 1 наведено узагальнену інформацію щодо рекомбінантних штамів *S. cerevisiae*, які здатні синтезувати етанол, використовуючи як джерела вуглецю різні цукри лігноцелюлозної сировини.

Таблиця 1. Синтез етанолу рекомбінантними штамми Saccharomyces cerevisiae

Штам	Експресовані гени	Джерело вуглецю	Тривалість культивування, год	Вихід етанолу, г/г цукрів	Концентрація етанолу, г/л	Джерело
1	2	3	4	5	6	7
BSW4XA3	D-ксилозоізомерази (<i>XI</i>), D-ксилозоредуктази (<i>XR</i>), ксилітолдегідрогенази (<i>XDH</i>), ксилулокінази (<i>XK</i>)	D-глюкоза, D-ксилоза, L-арабіноза	120	0,35	12	[25]
Alpha25	β-ксилозидази (<i>xy1A</i>)	Ксилоза	48	0,31	13	[22]
NAPX37	Ксилоредуктази (<i>XYL1</i>), ксилітдегідрогенази (<i>XYL2</i>), ксилулокінази (<i>XKS1</i>), β-глюкозидази (<i>BGL1</i>)	Ксилоза, глюкоза	36	0,39	13,5	[30]
YRH1114	D-ксилозоізомерази (<i>XI</i>), D-ксилулокінази (<i>XK</i>)	D-ксилоза	91	0,04	13,6	[31]
BP10001	Ксилоредуктази (<i>XR</i>), ксилітдегідрогенази (<i>XDH</i>), ксилулозокінази (<i>XK</i>)	Ксилоза	120	0,35	14	[32]
DLG-K1T7 (HXT7)	Ксилоредуктази (<i>XYL1</i>), ксилітдегідрогенази (<i>XYL2</i>), ксилулокінази (<i>XKS1</i>)	Глюкоза, ксилоза	36	0,38	15	[33]
39a (Bvu)	Ксилозоізомерази (<i>XI</i>)	Ксилоза	24	0,36	16,7	[34]
SyBE003	Ксилозоізомерази (<i>Xy1A</i>), ксилулокінази (<i>XKS1</i>)	Ксилоза	36	0,43	18	[35]
BSGIBX	Ксилозоізомерази (Ru- <i>xy1A</i>) та β-ксилозидази (<i>xy13A</i>)	Глюкоза, ксилоза	48	0,47	19,4	[23]
WR311	Ксилозоізомерази (<i>XI</i>)	ксилоза	72	0,40	21	[24]
K7-XYL	Альдозоредуктази (<i>GRE3</i>), сорбітолдегідрогенази (<i>SOR1</i>), ксилулозокінази (<i>XKS1</i>)	Ксилоза	72	0,37	37,6	[36]
BF3645	Ксилозоізомерази (<i>RfCO</i>), целобіозофосфорилази (<i>FD-1</i>), ксилулокінази (<i>XKS1</i>)	Глюкоза, ксилоза, целобіоза	96	0,44	48,6	[29]
CW9	Ксилозоізомерази (<i>XI</i>)	Глюкоза, ксилоза	72	0,45	54	[26]

При використанні лігноцелюлози як субстрату для виробництва бутанолу виникає необхідність її попередньої обробки з метою руйнування щільної структури й оцукрювання. Для цього використовують фізичні, хімічні та біологічні методи. У процесі попередньої обробки лігноцелюлозної сировини фізичними чи хімічними методами утворюється велика кількість токсичних сполук, які є інгібіторами мікробної ферментації [37]. При цьому дріжджі *S. cerevisiae* є стійкими до токсичної дії інгібіторів, що утворюються при попередній обробці лігноцелюлозної сировини парою [38].

Створено штам *S. cerevisiae* D5A⁺, в клітини якого введено ген ксилозоізомерази *Bacteroides thetaiotaomicron*. Ці сахароміцети здатні використовувати як субстрати для синтезу етанолу попередньо оброблену парою солому тритикале та макуху солодкого сорго. При вказаному способі обробки утворюються такі токсичні для клітин побічні продукти, як оцтова кислота, фурфурол та 5-гідроксиметилфурфурол. Клітини штаму D5A⁺ є стійкими до цих інгібіторів [39].

S. cerevisiae XUSEA синтезує рекомбінантну ксилозоізомеразу, що опосередковує одностадійну реакцію ізомеризації, в якій ксилоза перетворюється в ксилулозу. Також вказаний штам здатний до коферментації глюкози і ксилози. Показано, що при підвищенні температури культивування *S. cerevisiae* XUSEA на середовищі з гідролізатом міскантуса з 30 до 33°C швидкість споживання ксилози збільшується на 44%, а синтез етанолу — на 23%, що призводить до виходу етанолу 0,48 г/г цукрів [40].

Рекомбінантні клітини *S. cerevisiae* STXQ також здатні до коферментації глюкози і ксилози. При культивуванні цього штаму на середовищі з гідролізатом пустих залишків пальмових фруктів без процесу детоксикації для видалення інгібіторів спостерігали споживання цукрів на рівні 94%. При цьому вихід етанолу склав 0,42 г/г цукрів [41].

У рекомбінантних дріжджах при використанні шляху КР-КДР спостерігається окисно-відновний дисбаланс, що призводить до накопичення ксилітолу та зменшення концентрації етанолу. Тому в клітини *S. cerevisiae* JX123_poxE був введений ген NADH-оксидази *Lactococcus lactis*. У результаті синтез побічного продукту ксилітолу при культивуванні цього штаму на середовищі з гідролізатом міскантусу зменшився на 48%, а вихід етанолу становив 0,43 г/г цукрів [4].

Гідролізати лігноцелюлозної сировини, крім ксилози, містять у великій кількості арабінозу. Тому з метою синтезу етанолу на лігноцелюлозних субстратах сконструйовано штам *S. cerevisiae* 36aS1.10.4. Ці дріжджові клітини містять гени *Lactobacillus plantarum*, що кодують ферменти утилізації арабінози, а також гени ксилозоізомерази. Показано здатність клітин штаму 36aS1.10.4 до одночасного споживання глюкози і ксилози та до продукції етанолу у високій концентрації на лігноцелюлозних гідролізатах [5].

Узагальнену інформацію щодо можливості культивування рекомбінантних штамів *S. cerevisiae* на середовищі із різними гідролізатами лігноцелюлозної сировини з метою отримання етанолу наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Гідролізати лігноцелюлозної сировини як субстрати для синтезу етанолу модифікованими дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*

Штам	Лігноцелюлозна сировина	Тривалість культивування, год	Концентрація етанолу, г/л	Джерело
D5A ^{HN}	Макуха солодкого сорго	150	19,2	[39]
BADE ₁	Солома кукурудзи	48	26,1	[42]
STXQ	Пусті залишки пальмових фруктів	72	28,4	[41]
XUSEA	Міскантус	48	30,1	[40]
36aS1.10.4	Пусті залишки пальмових фруктів	72	50,3	[5]
	Солома пшениці	46	54,1	
JX123 поxE	Міскантус	48	55,5	[4]

Бутанол. Порівняно з етанолом бутанол має ряд переваг: вища температура кипіння, менша гігроскопічність, менша корозійна активність, більш високе октанове число. Також слід відзначити, що використання бензину, змішаного з бутанолом, призводить до зменшення викидів вихлопних газів [43].

Природними продуцентами бутанолу є бактерії роду *Clostridium*. Недоліком їх використання є низька швидкість росту, утворення спор, низька стійкість до бутанолу, утворення побічних продуктів, також ці бактерії є строгими анаеробами. Тому увагу дослідників привертають інші мікроорганізми, які широко використовуються в промислових масштабах, зокрема дріжджі *S. cerevisiae* (табл. 3). При конструюванні здатних до продукції бутанолу рекомбінантних клітин *S. cerevisiae* найчастіше використовують дві стратегії: гетерологічна експресія генів *Clostridium* або поглинання амінокислот [44].

Таблиця 3. Генетично модифіковані штами *Saccharomyces cerevisiae* — продуценти бутанолу

Штам	Шлях синтезу бутанолу	Тривалість культивування, год	Концентрація бутанолу, мг/л	Джерело
VSY10	Зворотне β-окислення (шлях ацетил-КоА)	74	130	[45]
COM	Синергічний шлях (треоніновий і цитрамалатовий)	96	835	[46]
W303-1A	Два паралельні шляхи (гетерологічний шлях експресії генів <i>Clostridium</i> і ендегенний за рахунок делеції гену алкогольдегідрогенази (<i>ADH₁</i>))	312	2400	[6]

Вихідним субстратом бутанольного шляху є ацетил-кофермент А (ацетил-КоА), а більшість проміжних продуктів пов'язана з коферментом А (КоА). Тому у штамі *S. cerevisiae* VSY10 збільшено синтез КоА за рахунок надекспресії гену пантотенаткінази (*coaA*) *Escherichia coli*. А шляхом делеції генів алкогольдегідрогенази (*ADH1-5*) і гліцерол-3-фосфатдегідрогенази (*GPD2*) вдалось збільшити доступність ацетальдегіду і NADH як рушійних факторів для шляху бутанолу [45].

Ключовий проміжний продукт ендегенного шляху синтезу бутанолу α-кетобутират може бути синтезований шляхом катаболізму треоніну. Іншим способом

отримання α -кетобутирату є шлях від пірувату й ацетил-КоА через цитрамалат-синтазу. Використовуючи методи метаболічної інженерії, створено штам *S. cerevisiae* COM, у клітинах якого оптимізовано синергічний шлях синтезу бутанолу — шлях ендogenousного треоніну, і введений шлях цитрамалату. При цьому синтез бутанолу збільшився в 7 разів порівняно з вихідним немодифікованим штамом дріжджів [46].

При дослідженні шляхів синтезу бутанолу рекомбінантним штамом *S. cerevisiae* W303-1A була висунута гіпотеза про те, що гліцин перетворюється в гліоксилат, який далі конденсується з бутирил-КоА в 3-етилмалат. Після чого 3-етилмалат перетворюється в α -кетовалерат, а потім у бутанол. Використання α -кетовалерата як попередника в середовищі для культивування дріжджів призвело до збільшення концентрації бутанолу [6].

Ізобутанол. Цей спирт вважають біопаливом наступного покоління, який може замінити дизельне паливо. Нині проводяться дослідження використання ізобутанолу в суміші з дизельним паливом. При цьому спостерігають збільшення термічного ККД гальм на 3% та зменшення викидів продуктів горіння (оксиди азоту, чадний газ) на 60% [47].

Основні реакції для отримання ізобутанолу включають синтез 2-кетозовалерату, що є проміжним продуктом біосинтезу валіну в мітохондріях і його подальше перетворення в ізобутанол через шлях Ерліха в цитоплазмі. Тобто ізобутанол є побічним продуктом синтезу валіну в *S. cerevisiae*. Для збільшення синтезу ізобутанолу конструюють рекомбінантні штами дріжджів (табл. 4), використовуючи при цьому такі шляхи: переміщення ферментів, що відповідають за продукцію ізобутанолу в один і той же внутрішньоклітинний компартмент; видалення конкурентного шляху для направлення потоку до побічних продуктів; усунення дисбалансу кофакторів [48].

Таблиця 4. Синтез ізобутанолу штамми *Saccharomyces cerevisiae*

Рекомбінантний штам	Тривалість культивування, год	Вихід ізобутанолу, мг/г глюкози	Концентрація ізобутанолу, мг/л	Джерело
YTD306	120	6,6	143	[49]
JHY433	120	15	377	[50]
Isoy8	90	15	630	[51]
BSW205	24	16	1620	[7]
JWY23	96	59,55	2090	[8]

Рекомбінантний штам *S. cerevisiae* Isoy8 модифікований таким чином, що в дріжджових клітинах ферменти біосинтезу валіну функціонують не в мітохондріях, а в цитоплазмі. При цьому збільшення синтезу ізобутанолу спостерігалось при відсутності валіну і в середовищі культивування [49].

У клітини *S. cerevisiae* YTD306 введено гени декарбоксилази 2-кетокислот і алкогольдегідрогенази для посилення ендogenousної активності шляху Ерліха. Також введено ген *Ilv2*, що каталізує першу стадію синтезу валіну і видалено ген піруватдекарбоксилази. В результаті був збільшений синтез ізобутанолу модифікованими клітинами в 13 разів [47].

Блокуючи шляхи біосинтезу 2,3-бутандіолу, пантотенату, лейцину і ізолейцину, дослідники оптимізували й збільшили метаболічний потік у бік синтезу ізобутанолу в *S. cerevisiae* JWY04. В клітинах штаму JWY19 збільшено синтез ізобутанолу за рахунок пригнічення реакцій поглинання пірувату й регенерації

NAD⁺ у шляхах біосинтезу етанолу та гліцерину. Синтез ізомасляної кислоти з ізобутиральдегіду також конкурує з продукцією ізобутанолу. Тому в *S. cerevisiae* JWY23 видалено ген *Ald6*, що кодує синтез альдегіддегідрогенази, при цьому спостерігається зменшення синтезу ізомасляної кислоти на 80% та збільшення синтезу ізобутанолу на 40% [8].

Висновки

Отже, при конструюванні рекомбінантних клітин *S. cerevisiae* використовують різні підходи, щоб збільшити концентрацію і вихід цільового продукту, створити стійкі до дії інгібіторів штами, а також розширити діапазон споживання субстрату. Перспективним є створення дріжджових продуцентів етанолу, що можуть використовувати лігноцелюлозну сировину. Оскільки природні штами *S. cerevisiae* не здатні до споживання ксилози, використовують кілька генетичних стратегій для конструювання сахароміцетів, які можна культивувати на середовищах з цим джерелом вуглецю. Ведуться роботи зі створення рекомбінантних *S. cerevisiae*, які здатні синтезувати бутанол, але, порівняно з бактеріальними системами експресії, гетерологічний синтез цього виду палива у сахароміцетів є дуже низьким. Оскільки ізобутанол може стати біопаливом наступного покоління, яке можна отримувати за допомогою мікроорганізмів, ведуться дослідження з генетичної модифікації *S. cerevisiae* з метою отримання високих концентрацій вказаного продукту.

Література

1. Alfonzo A., Francesca N., Matraxia M., Craparo V., Naselli V., Mercurio V., Moschetti G. Diversity of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated to racemes of Grillo grape variety. *FEMS Microbiol. Lett.* 2020, 367(12): fnaa079. doi: 10.1093/femsle/fnaa079.
2. Pauley M., Maskell D. Mini-review: the role of *Saccharomyces cerevisiae* in the production of gin and vodka. *Beverages.* 2017, 3: 13. doi: 10.3390/beverages3010013.
3. Elghandour M., Tan Z., Abu Hafsa S., Adegbeye M., Greiner R., Ugbogu E., Cedillo Monroy J., Salem A. *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic feed additive to non and pseudo-ruminant feeding: a review. *J. Appl. Microbiol.* 2020, 128: 658—674. doi: 10.1111/jam.14416.
4. Lee Y. G., Jin Y. S., Cha Y. L., Seo J. H. Bioethanol production from cellulosic hydrolysates by engineered industrial *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresour. Technol.* 2017, 228: 355—361. doi: 10.1016/j.biortech.2016.12.042.
5. Huang S., Liu T., Peng B., Geng A. Enhanced ethanol production from industrial lignocellulose hydrolysates by a hydrolysate-cofermenting *Saccharomyces cerevisiae* strain. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2019, 42(5): 883—896. doi: 10.1007/s00449-019-02090-0.
6. Swidah R., Ogunlabi O., Grant C. M., Ashe M. P. n-Butanol production in *S. cerevisiae*: coordinate use of endogenous and exogenous pathways. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2018, 102(22): 9857—9866. doi: 10.1007/s00253-018-9305-x.
7. Matsuda F., Ishii J., Kondo T., Ida K., Tezuka H., Kondo A. Increased isobutanol production in *Saccharomyces cerevisiae* by eliminating competing pathways and resolving cofactor imbalance. *Microb. Cell.* 2013, 12: 119. doi: 10.1186/1475-2859-12-119.
8. Wess J., Brinek M., Boles E. Improving isobutanol production with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* by successively blocking competing metabolic pathways as well as ethanol and glycerol formation. *Biotechnol. Biofuels.* 2019, 12(1): 173. doi: 10.1186/s13068-019-1486-8.
9. Norouzi N., Fani M., Ziarani Z. K. The fall of oil age: a scenario planning approach over the last peak oil of human history by 2040. *J. Petrol. Sci. Eng.* 2020, 188: 106827. doi: 10.1016/j.petrol.2019.106827.
10. Ko J. K., Lee J. H., Jung J. H., Lee S.-M. Recent advances and future directions in plant and yeast engineering to improve lignocellulosic biofuel production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020, 134: 110390. doi: 10.1016/j.rser.2020.110390.

11. Xin F., Chen T., Jiang Y., Dong W., Zhang W., Zhang M., Wu H., Ma J., Jiang M. Strategies for improved isopropanol-butanol production by a *Clostridium* strain from glucose and hemicellulose through consolidated bioprocessing. *Biotechnol. Biofuels*. 2017, 10. doi: 10.1186/s13068-017-0805-1.
12. Rodrussamee N., Lertwattanasakul N., Hirata K., Suprayogi, Limtong S., Kosaka T., Yamada M. Growth and ethanol fermentation ability on hexose and pentose sugars and glucose effect under various conditions in thermotolerant yeast *Kluyveromyces marxianus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 90: 1573—1586. doi: 10.1007/s00253-011-3218-2.
13. Kostas E. T., White D. A., Du C., Cook D. J. Selection of yeast strains for bioethanol production from UK seaweeds. *J. Appl. Phycol.* 2016, 28: 1427—1441. doi: 10.1007/s10811-015-0633-2.
14. Auesukaree C., Damnernsawad A., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., Boonchird C., Kaneko Y., Harashima S. Genome-wide identification of genes involved in tolerance to various environmental stresses in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Appl. Genet.* 2009, 50: 301-310. doi: 10.1007/BF03195688.
15. Lian J., Mishra S., Zhao H. Recent advances in metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*: new tools and their applications. *Metab. Eng.* 2018, 50: 85—108. doi: 10.1016/j.ymben.2018.04.011.
16. Azhar S. H. M., Abdulla R., Jambo S. A., Marbawi H., Gansau J. A., Faik A. A. M., Rodrigues K. F. Yeasts in sustainable bioethanol production: a review. *Biochem. Biophys. Rep.* 2017, 10: 52—61. doi: 10.1016/j.bbrep.2017.03.003.
17. Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A. S., Hatziloukas E. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiol.* 2020, 6(1): 1. doi: 10.3934/microbiol.2020001.
18. Li H., Shen Y., Wu M., Hou J., Jiao C., Li Z., Liu X., Bao X. Engineering a wild-type diploid *Saccharomyces cerevisiae* strain for second-generation bioethanol production. *Bioresour. Bioprocess.* 2016, 3(1): 51. doi: 10.1186/s40643-016-0126-4.
19. Cheng C., Tang R. Q., Xiong L., Hector R. E., Bai F. W., Zhao X. Q. Association of improved oxidative stress tolerance and alleviation of glucose repression with superior xylose-utilization capability by a natural isolate of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Biofuels*. 2018, 11(1): 1—19. doi: 10.1186/s13068-018-1018-y.
20. Hoang P. T. N., Ko J. K., Gong G., Um Y., Lee S. M. Genomic and phenotypic characterization of a refactored xylose-utilizing *Saccharomyces cerevisiae* strain for lignocellulosic biofuel production. *Biotechnol. Biofuels*. 2018, 11: 268. doi: 10.1186/s13068-018-1269-7.
21. Demeke M. M., Dietz H., Li Y., Foulquie-Moreno M.R., Mutturri S., Deprez S., Abt T. D., Bonini B. M., Liden G., Dumortier F., Verplaetse A., Boles E., Thevelein J. M. Development of a D-xylose fermenting and inhibitor tolerant industrial *Saccharomyces cerevisiae* strain with high performance in lignocellulose hydrolysates using metabolic and evolutionary engineering. *Biotechnol. Biofuels*. 2013, 6: 89. doi: 10.1186/1754-6834-6-89.
22. Li Y. C., Xie C. Y., Yang B. X., Tang Y. Q., Wu B., Sun Z. Y., Xia, Z. Y. Comparative transcriptome analysis of recombinant industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains with different xylose utilization pathways. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2019, 189: 1007—1019. doi: 10.1007/s12010-019-03060-8.
23. Niu Y., Wu L., Shen Y., Zhao J., Zhang J., Yi Y., Bao X. Coexpression of β -xylosidase and xylose isomerase in *Saccharomyces cerevisiae* improves the efficiency of saccharification and fermentation from xylo-oligosaccharides. *Cellulose*. 2019, 26: 7923-7937. doi: 10.1007/s10570-019-02650-3.
24. Katahira S., Muramoto N., Moriya S., Nagura R., Tada N., Yasutani N., Tokuhiro K. Screening and evolution of a novel protist xylose isomerase from the termite *Reticulitermes speratus* for efficient xylose fermentation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Biofuels*. 2017, 10: 203. doi: 10.1186/s13068-017-0890-1.
25. Wang C., Zhao J., Qiu C., Wang S., Shen Y., Du B., Bao X. Coultivation of d-glucose, d-xylose, and l-arabinose in *Saccharomyces cerevisiae* by coexpressing the metabolic pathways and evolutionary engineering. *BioMed Res. Int.* 2017: 5318232. doi: 10.1155/2017/5318232.
26. Zhang M., Fan W. J., Wang J. Y., Cao L. M. Optimized xylose isomerase uptake and expression level in *Saccharomyces cerevisiae* for improving ethanol production. *Appl. Environ. Biotechnol.* 2018, 3(1): 47—52. doi: 10.26789/AEB.2018.01.007.
27. Li S., Du J., Sun J., Galazka J. M., Glass N. L., Cate J. H., Yang X., Zhao H. Overcoming glucose repression in mixed sugar fermentation by co-expressing a cellobiose transporter and a β -

glucosidase in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol. Biosyst.* 2010, 6(11): 2129—2132. doi: 10.1039/c0mb00063a.

28. Sadie C. J., Rose S. H., Den Haan R., Van Zyl W. H. Coexpression of a cellobiose phosphorylase and lactose permease enables intracellular cellobiose utilisation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 90(4): 1373—1380. doi: 10.1007/s00253-011-3164-z.

29. Aeling K. A., Salmon K. A., Laplaza J. M., Li L., Headman J. R., Hutagalung A. H., Picataggio S. Co-fermentation of xylose and cellobiose by an engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Ind. Microbiol.* 2012, 39(11): 1597—1604. doi: 10.1007/s10295-012-1169-y.

30. Li Y. C., Mitsumasa K., Gou Z. X., Gou M., Tang Y. Q., Li G. Y., Kida K. Xylose fermentation efficiency and inhibitor tolerance of the recombinant industrial *Saccharomyces cerevisiae* strain NAPX37. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2016, 100(3): 1531—1542. doi: 10.1007/s00253-015-7167-z.

31. Hector R. E., Dien B. S., Cotta M. A., Mertens J. A. Growth and fermentation of D-xylose by *Saccharomyces cerevisiae* expressing a novel D-xylose isomerase originating from the bacterium *Prevotella ruminicola* TC2-24. *Biotechnol. Biofuels.* 2013, 6(1): 84. doi: 10.1186/1754-6834-6-84.

32. Klimacek M., Kirl E., Krahulec S., Longus K., Novy V., Nidetzky B. Stepwise metabolic adaption from pure metabolization to balanced anaerobic growth on xylose explored for recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Microb. Cell Fact.* 2014, 13(1): 37. doi: 10.1186/1475-2859-13-37.

33. Goncalves D. L., Matsushika A., Belisa B., Goshima T., Bon E. P., Stambuk B.U. Xylose and xylose/glucose co-fermentation by recombinant *Saccharomyces cerevisiae* strains expressing individual hexose transporters. *Enzyme Microb. Technol.* 2014, 63: 13-20. doi: 10.1016/j.enzmictec.2014.05.003.

34. Peng B., Huang S., Liu T., Geng A. Bacterial xylose isomerases from the mammal gut Bacteroidetes cluster function in *Saccharomyces cerevisiae* for effective xylose fermentation. *Microb. Cell Fact.* 2015, 14: 70. doi: 10.1186/s12934-015-0253-1.

35. Qi X., Zha J., Liu G. G., Zhang W., Li B. Z., Yuan Y. J. Heterologous xylose isomerase pathway and evolutionary engineering improve xylose utilization in *Saccharomyces cerevisiae*. *Front. Microbiol.* 2015, 6: 1165. doi: 10.3389/fmicb.2015.01165.

36. Konishi J., Fukuda A., Mutaguchi K., Uemura T. Xylose fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* using endogenous xylose-assimilating genes. *Biotechnol. Lett.* 2015, 37(8): 1623—1630. doi: 10.1007/s10529-015-1840-2.

37. Скроцька О. І., Пирог Т. П., Скроцький С. О. Лігноцелюлозні відходи як сировина для синтезу бутанолу кластридіями. *Наукові праці НУФТ.* 2019, 25(1): 16—32. doi: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-4.

38. Almeida J., Modig T., Petersson A., Hahn-Hagerdal B., Liden G, Gorwa-Grauslund M. Increased tolerance and conversion of inhibitors in lignocellulosic hydrolysates by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2007, 82: 340—349. doi: 10.1002/jctb.1676.

39. Smith J., van Rensburg E., Gorgens J. F. Simultaneously improving xylose fermentation and tolerance to lignocellulosic inhibitors through evolutionary engineering of recombinant *Saccharomyces cerevisiae* harbouring xylose isomerase. *BMC Biotechnol.* 2014, 14: 41. doi: 10.1186/1472-6750-14-41.

40. Tran P. H. N., Ko J. K., Gong G., Um Y., Lee S. M. Improved simultaneous co-fermentation of glucose and xylose by *Saccharomyces cerevisiae* for efficient lignocellulosic biorefinery. *Biotechnol. Biofuels.* 2020, 13: 12. doi: 10.1186/s13068-019-1641-2.

41. Liu T., Huang S., Geng A. Recombinant diploid *Saccharomyces cerevisiae* strain development for rapid glucose and xylose co-fermentation. *Fermentation.* 2018, 4(3): 59. doi: 10.3390/fermentation4030059.

42. Zhang M. M., Xiong L., Tang Y. J., Mehmood M. A., Zhao Z. K., Bai F. W., Zhao X. Q. Enhanced acetic acid stress tolerance and ethanol production in *Saccharomyces cerevisiae* by modulating expression of the de novo purine biosynthesis genes. *Biotechnol. Biofuels.* 2019, 12: 116. doi: 10.1186/s13068-019-1456-1.

43. Nawab S., Wang N., Ma X., Huo Y. X. Genetic engineering of non-native hosts for 1-butanol production and its challenges: a review. *Microb. Cell Fact.* 2020, 19: 79. doi: 10.1186/s12934-020-01337-w.

44. Azambuja S. P. H., Goldbeck R. Butanol production by *Saccharomyces cerevisiae*: perspectives, strategies and challenges. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 36: 48. doi: 10.1007/s11274-020-02828-z.

45. Schadoweg V., Boles E. n-Butanol production in *Saccharomyces cerevisiae* is limited by the availability of coenzyme A and cytosolic acetyl-CoA. *Biotechnol. Biofuels*. 2016, 9: 44. doi: 10.1186/s13068-016-0456-7.
46. Shi S., Si T., Liu Z., Zhang H., Ang E. L., Zhao H. Metabolic engineering of a synergistic pathway for n-butanol production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Sci. Rep.* 2016, 6: 25675. doi: 10.1038/srep25675.
47. Ashok B., Nanthagopal K., Saravanan B., Azad K., Patel D., Sudarshan B., Ramasamy R. A. Study on isobutanol and *Calophyllum inophyllum* biodiesel as a partial replacement in CI engine applications. *Fuel*. 2019, 235: 984—994. doi: 10.1016/j.fuel.2018.08.087.
48. Kuroda K., Ueda M. Cellular and molecular engineering of yeast *Saccharomyces cerevisiae* for advanced biobutanol production. *FEMS Microbiol. Lett.* 2016, 363 (3): fnv247. doi: 10.1093/femsle/fnv247.
49. Kondo T., Tezuka H., Ishii J., Matsuda F., Ogino C., Kondo A. Genetic engineering to enhance the Ehrlich pathway and alter carbon flux for increased isobutanol production from glucose by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Biotechnol.* 2012, 159(1—2): 32—37. doi: 10.1016/j.jbiotec.2012.01.022.
50. Park S. H., Kim S., Hahn J. S. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for the production of isobutanol and 3-methyl-1-butanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014, 98(21): 9139—9147. doi: 10.1007/s00253-014-6081-0.
51. Brat D., Weber C., Lorenzen W. Cytosolic re-localization and optimization of valine synthesis and catabolism enables increased isobutanol production with the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol Biofuels*. 2012, 5: 65. doi: 10.1186/1754-6834-5-65.

OBTAINING LUBRICANTS BASED ON FATTY RAW MATERIALS

L. Kasianenko, I. Demidov

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

Y. Shemanskaya

National University of Food Technologies

Key words:

*Bio-lubricants
Sunflower oil
Fatty acids
Chemical modification
Hydrochlorination
Viscosity-temperature
characteristic*

Article history:

Received 16.09.2020
Received in revised form
30.09.2020
Accepted 09.10.2020

Corresponding author:

Y. Shemanskaya
E-mail:
shemanska@ukr.net

ABSTRACT

Nowadays environmental factors as well as operating are important factors in the choice of lubricants. Therefore, in the world economy there is a tendency to reduce the role of oil and petroleum products. The use of oil and synthetic lubricants and their components is one of the causes of environmental pollution, as they are determined to have low levels of biodegradation.

Many scientists are discussing the chemical processing by vegetable oils as a component to petroleum product. For such purposes, castor and rapeseed oils are usually used, since they are quite popular for technical use, it is possible to use castor oil without chemical transformations. The purpose of the research was the process of interaction of hydrochlorinated sunflower oil with sodium salts of fatty acids. Object of the research was the development of procedure for hydrochlorination of sunflower oil, with further the synthesis of the product which will be the basis of lubricants. The work is devoted to development of technology for production of lubricants based on sunflower oil. The paper established research on methods for obtaining basic oils from alternative sources, including vegetable oil processing. During the research lubricant samples, based on sunflower oil, were made. Soaps used for the above reaction had different molecular weights. The reaction products were different in this respect, which allowed to investigate and draw conclusions about its effect on tribological properties. The products after esterification after removal of the solvent were jelly-like at room temperature, plastic substances. In these samples viscosity-temperature properties were determined. The results of this work indicated the prospects and feasibility of further research in the field of obtaining oxygen-containing derivatives of vegetable oils in order to determine the optimum conditions for carrying out the abovementioned chemical modifications.

ОДЕРЖАННЯ МАСТИЛ ІЗ ЖИРОВОЇ СИРОВИНИ

Л. М. Касьяненко, І. М. Демидов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Є. І. Шеманська

Національний університет харчових технологій

Останнім часом екологічні, а також експлуатаційні характеристики є вагомим фактором для вибору мастильних матеріалів, тому у світовій економіці переважає тенденція до зниження ролі нафти і нафтопродуктів. Використання нафтових і синтетичних мастильних матеріалів та їх компонентів є однією із причин забруднення навколишнього середовища, оскільки вони характеризуються низькою біорозкладністю. Більшість наукових досліджень стосується хімічної обробки олій для їх подальшого використання як присадок до нафтопродуктів. Зазвичай, для таких досліджень використовують рицинову або ріпакову олії, оскільки вони більш популярні для технічного застосування.

У статті досліджено процес взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з натрієвими милами жирних кислот, розроблено технологію одержання мастильних матеріалів на основі соняшникової олії шляхом її гідрохлорування з подальшим хімічним перетворенням продукту для отримання основи мастильних матеріалів. Обґрунтовано методи отримання базових мастил з альтернативних джерел (відновлюваної сировини), зокрема завдяки переробці олій. Виготовлено зразки мастильних олив на основі соняшникової олії. Мила, що використовувалися, мають різну молекулярну масу, тобто і продукти реакції відмінні за цим показником, що дає змогу дослідити та зробити висновки про її вплив на трибологічні властивості. Продукти етерифікації після видалення розчинника являють собою желеподібні за кімнатної температури пластичні речовини.

Визначено в'язкісно-температурні властивості отриманих продуктів. Результати проведеної роботи вказують на перспективність і доцільність подальших досліджень у галузі одержання кисневмісних похідних рослинних олій з метою визначення оптимальних умов проведення зазначеної хімічної модифікації.

Ключові слова: біомастильні матеріали, соняшникова олія, жирні кислоти, хімічна модифікація, гідрохлорування, в'язкісно-температурна характеристика.

Постановка проблеми. Виснаження запасів корисних копалин і зростаюча стурбованість з приводу шкідливого впливу викопних видів палива на довкілля призвели до гострої необхідності вивчення альтернативних видів сировини.

На сьогодні нафта використовується як сировина для виробництва палива і мастильних матеріалів. Однак в Україні з'явився інтерес до використання мастил з рослинних матеріалів як екологічно безпечної та поновлюваної сировини.

Біомастильні матеріали набули вагомості як альтернатива класичним мастилам на нафтовій основі, особливо в автомобільній галузі [1]. Використання нафтових і синтетичних мастильних матеріалів та їх компонентів є однією із причин

забруднення навколишнього середовища, оскільки вони характеризуються низькою біорозкладністю [2]. Окрім екологічного, також потрібно враховувати й економічний фактор, оскільки в умовах України соняшникова олія є досить дешевою сировиною, а за трибологічними показниками не поступається традиційним продуктам на нафтовій основі [3].

Мастила на біологічній основі можна визначити як продукти з низькою токсичністю і відмінною біорозкладністю. Вони можуть бути отримані не лише з олій, а й також являти собою синтетичні складні ефіри, отримані з різних природних джерел, таких як тверді жири, відходи олійно-жирової промисловості тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термін «біопродукт» можна визначити як «комерційний або промисловий продукт (крім продуктів харчування або кормів), який повністю або переважно складається з біологічних продуктів чи поновлюваних сільськогосподарських матеріалів (включаючи рослинні, тваринні або лісові матеріали)» [4].

Основними факторами, що впливають на трибологічні властивості олій, є довжина вуглецевого ланцюга, тип жирних кислот, а також полярність. Як правило, мастило повинно мати високий індекс в'язкості, високу температуру спалаху, низьку температуру застигання, високу корозійну стійкість і високу стійкість до окиснення.

Основним компонентом олій є триацилгліцероли (~98%), також наявні дигліцероли (~0,5%), вільні жирні кислоти (~0,1%), стерини (~0,3%) і токофероли (~0,1%) [6]. Структура тригліцерола (ТАГ) — це естери гліцеролу та жирних кислот різноманітного складу.

ТАГ мають високу в'язкість (отже, високий індекс в'язкості) завдяки високій молекулярній масі, а структура молекул відповідає за стабільність у діапазоні робочих температур мастил [1].

Надмірна кількість довголанцюжкових насичених жирних кислот призводить до незадовільної низькотемпературної поведінки, тоді як надмірна кількість певних поліненасичених жирних кислот призводить до несприятливих окислювальних процесів [1]. Температура спалаху мастила на основі ТАГ також є вищою завдяки дуже низькому тиску пари й летючості. Це знижує їхню потенційну пожежонебезпечність [5].

Слід зазначити, що навіть мононенасичені жирні кислоти з довгими ланцюгами погіршують низькотемпературну поведінку мастила. Незважаючи на те, що мастила на біологічній основі мають низьку окислювальну стабільність порівняно з мінеральними мастилами, вони не здатні витримувати температуру понад 80°C [1]. Ці проблеми можуть бути вирішені шляхом використання антиоксидантів. Біологічні мастила також менш гідролітично стійкі, тож створюють більше піни і знижують фільтрованість порівняно з мінеральними мастилами.

Рослинні матеріали, що використовують для виробництва мастил на біологічній основі, можуть відрізнятися в різних країнах через кліматичні та географічні чинники. Наприклад, ріпакову й соняшкову олії часто використовують у Європі, тоді як соєву олію в основному використовують у США. Досить поширеним матеріалом, особливо для двотактних двигунів, є рицинова олія, яка в цьому

дослідженні використовувалась для порівняння. В Україні, зазвичай, використовується соняшникова олія, оскільки вона є головною олійною культурою країни.

У 2019 р. в Україні було реалізовано 16728,8 тис. т олійних культур, що на 22,2 % більше, ніж у 2018 році. При цьому середні ціни реалізації були на 10,7% нижче і склали 8321,2 грн/т (без ПДВ, транспортних, експедиційних та накладних витрат). Про це повідомляє Експерт Агро з посиланням на дані Держстату [6]. Із загального обсягу сої було реалізовано 3211,1 тис. т, насіння соняшнику — 10676,9 тис. т, ріпаку (озимого та ярого) — 2792,1 тис. т, гірчиці — 25,4 тис. т, льону — 1,8 тис. т.

Отже, мастила на біологічній основі являють собою біорозкладні мастила, отримані з харчових і нехарчових олій, вони мають високу мастильну здатність, індекс в'язкості і температуру займання [7; 8]. Оскільки мастила на біологічній основі, зазвичай, виробляються із сирих олій, вони мають незадовільні низько-температурні властивості, а також низьку термоокислювальну і гідролітичну стабільність. Однак ці недоліки можна усунути шляхом додаванням присадки до них або хімічної модифікацією олій, що було розглянуто в цій статті.

Метою дослідження є розробка технології одержання мастильних матеріалів на основі соняшникової олії шляхом її гідрохлорування з подальшим хімічним перетворенням продукту для отримання основи мастильних матеріалів.

Викладення основних результатів дослідження. В досліді було використано: олію соняшникову рафіновану дезодоровану виморожену [9]; гідрооксид натрію «х.ч.» (ООО «Алхим»); о-ксилол [10].

Хімічну модифікацію отримання мастильного матеріалу було проведено в три етапи:

- отримання хлорвмісних ТАГ;
- отримання солей натрію і жирних кислот;
- взаємодія солей натрію та хлорпохідних ТАГ.

Як джерело галоген-вуглеводневих радикалів використовували продукт хлорування соняшникової олії. Перший етап полягав у приєднанні HCl до ТАГ соняшникової олії по місцю подвійного зв'язку. Схема перетворення наведена на рис. 1.

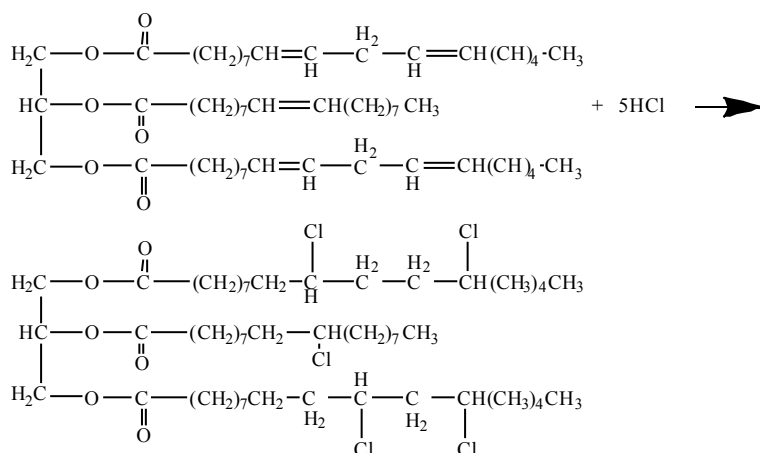


Рис. 1. Схема приєднання HCl до ТАГ соняшникової олії

Взаємодію було проведено за температури 40—60°C при інтенсивному перемішуванні мішалкою протягом 4 годин. Для отримання солей натрію було використано ацетат натрію, стеарат натрію, натрієві мила кокосової та соняшникової олій. Омилення було здійснено за вже існуючою методикою [3] із розрахунків числа омилень з 0,5% надлишком гідроксиду натрію.

Механізм взаємодії хлорованого ТАГ та солей натрію наведено на рис. 2.

Реакцію взаємодії хлорованого ТАГ та солей натрію було проведено за 1 год з додаванням апротонного розчинника, температури кипіння якого складає 144°C.

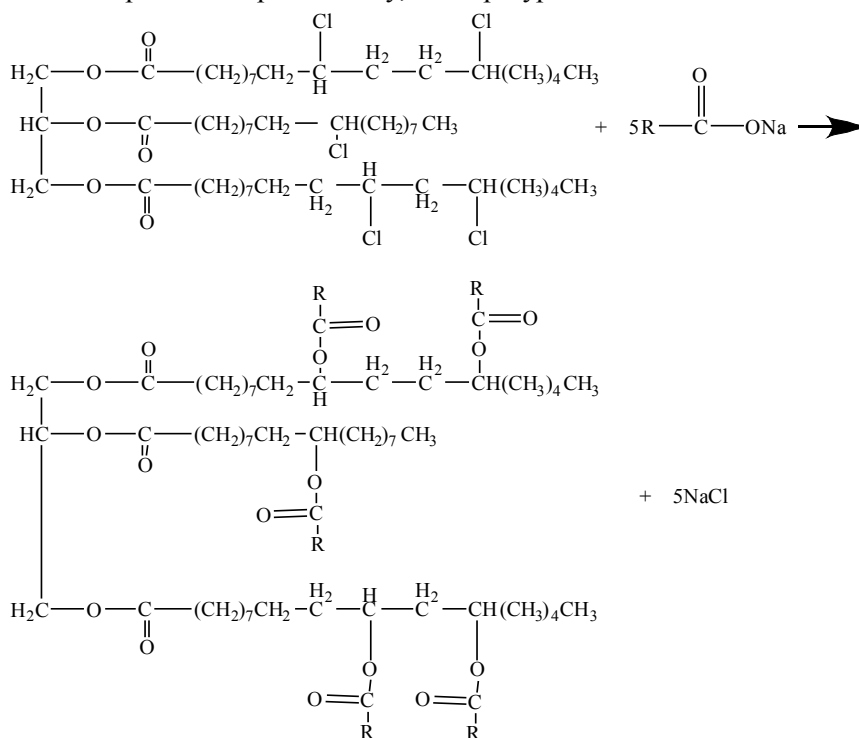


Рис. 2. Механізм взаємодії хлорованої олії та солей натрію, де R: CH₃, C₁₁H₂₃, C₁₈H₃₅

Методом визначення числа омилення (ДСТУ 4604:2006) було досліджено глибину гідрохлорування соняшникової олії. Число омилення, а отже, й ефірне число зросло з 190,4 мг КОН/г до 270 мг КОН/г, тобто на 80 одиниць, що становить 42% приросту відносно початкового показнику.

У таблиці представлено значення вмісту хлориду натрію у продукті, його консистенція та вихід у результаті взаємодії хлорованого ТАГ і солей натрію.

Таблиця. Вміст хлориду натрію в продукті і консистенція продукту

Вихідна сіль натрію	Кількість хлориду натрію, %	Консистенція	Вихід продукту, %
Ацетат	1,63	Рідина	17,46
Кокосове мило	1,51	Мазеподібна	77,74
Соняшникове мило	1,28	Мазеподібна	—
Стеарат натрію	1,82	Мазеподібна	72,46

Це було зроблено з метою відстеження впливу довжини радикалу, що приєднався до хлорвмісних молекул ТАГ. Для контролю глибини реакції визначено вміст хлориду натрію в отриманих продуктах. Вихід реакції розраховували за вмістом хлориду натрію та лімітованого компонента — за вихідною жирною сіллю натрію.

Оскільки однією з вагомих характеристик мастильних матеріалів є в'язкість, то проведено визначення в'язкісно-температурної залежності одержаних продуктів. Як зразок порівняння було обрано рицинову олію. Кожен продукт розбавлений о-ксилолом у співвідношенні 2:1. Результати відображено на рис. 3.

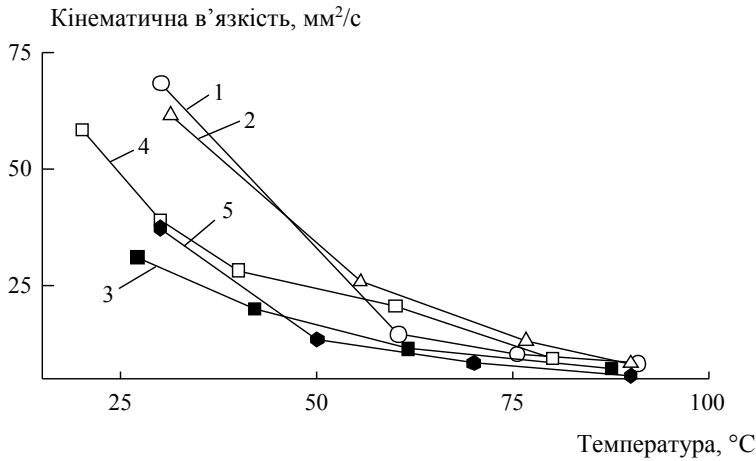


Рис. 3. Залежність кінематичної в'язкості продуктів взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з натрієвими милами від температури, де 1 — лауреат натрію; 2 — стеарат натрію; 3 — ацетат натрію; 4 — лінолеат натрію; 5 — рицинова олія

З наведених даних можна зробити висновок, що найбільш схожою до рицинової олії в'язкісно-температурною характеристикою має продукт взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії й ацетату натрію. Проте після досягнення температури 70°C продукт з кокосовою олією також наближається до характеристики рицинової олії, а за більш високих температур суттєвих відмінностей не має.

Оскільки експлуатація мастил відбувається і за низьких температур (досить часто нижче 0°C), можливо більш перспективними будуть мастильні матеріали, що є сумішшю одержаних продуктів.

Висновки

Отже, в результаті взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з ацетатом натрію (та іншими милами жирних кислот) можна одержати мастильний матеріал з в'язкістю, що наближається до в'язкості рицинової олії. Також встановлено вплив молекулярної маси продукту взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з натрієвими солями ЖК на в'язкісно-температурні властивості.

Література

1. Zainal N. A., Zulkifli N. W. M., Gulzar M., Masjuki H. H. A review on the chemistry, production, and technological potential of bio-based lubricants. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2018. Vol. 82. Part 1. P. 80—102.

2. Стрельцов В. В., Стребков С. В. Тенденции использования биологических смазочных материалов. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. 2009. № 2. С. 66—69.
3. Нагорнов С. А., Дворецкий Д. С., Романцова С. В., Таров В. П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. Тамбов: ГОУВПО ТГТУ. 2010. 96 с.
4. United States Department of Agriculture. Agriculture USDo. BioPreferred. URL: <http://www.biopreferred.gov/BioPreferred/> (дата звернення 15.09.2020).
5. Hwang H-S., Erhan S. Modification of epoxidized soybean oil for lubricant formulations with improved oxidative stability and low pour point. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 2001. Vol. 78. P. 1179—1184.
6. Эксперт Агро. В 2019 г. объем реализации масличных культур в Украине превысил прошлогодний на 22%. URL: http://www.expert-agro.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54657:v-2019-g-obqyem-realizatsii-zernovykh-v-ukraine-prevysilo-proshlogodniy-priboleye-nizkikh-tsenakh / (дата звернення 15.09.2020).
7. Mobarak H. M., Niza Mohamad E., Masjuki H. H., Kalam M. A., Al Mahmud K. A. H., Habibullah M., Ashraful A. M. The prospects of biolubricants as alternatives in automotive applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014. Vol. 33. P. 34—43.
8. Rudnick L. R. Synthetics, mineraloils, and bio-based lubricants: chemistry and technology. CRC Press. 2020. 1174 p.
9. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: УкрНДНЦ, 2018. 25 с.
10. ДСТУ 2436.2:2018. Вуглеводні ароматичні бензольного ряду. Хроматографічний метод вимірювання масової частки домішок та визначення масової частки основної речовини в бензолі, толуолі та ксилолі [Чинний від 2020-01-01]. Київ: УкрНДНЦ, 2019. 9 с.

INTENSIFICATION OF DRY ANIMAL FEED PRODUCTION FOR THE PURPOSE OF IMPROVING THE EQUIPMENT

E. Babanova, I. Babanov

National University of Food Technologies

A. Shevchenko

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Technical raw materials
Crusher
Dry animal feed
Hammers
Grinders
Rolls*

Article history:

Received 06.10.2020

Received in revised form

19.10.2020

Accepted 28.10.2020

Corresponding author:

E. Babanova

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The creation of low-capacity enterprises for processing animal raw materials in Ukraine has led to a significant reduction in the production of dry animal feed and the technical and sanitary level of their production. Feeds obtained by traditional technology have low biochemical and nutritional value due to prolonged heat treatment of raw materials and untimely processing.

The aim of the article was to improve the device for pre-grinding with gratings with smaller holes and profile hammers, which will intensify not only the process of grinding technical raw materials (obtaining smaller particles at the outlet), but also the technological process as a whole (degreasing bone, drying and grinding dry slag)

In order to improve the existing technology and equipment, it is advisable to develop highly efficient methods of processing technical raw materials and create low-productivity technological equipment using energy and resource-saving technologies.

Hammer and rotary crushers of various modifications play an important role in the production of dry animal feed. Hammer crushers are suitable for large, medium and small grinding of various food products, and can also be used for grinding brittle materials and vegetable raw materials. The advantages include the simplicity of design.

To ensure the intensification of the process, including the reduction of wear of hammers, it was proposed to install hammers with one hole, which are made of alloy heat-treated wear-resistant steels. Heat treatment of steel occurs when heated to 860°C, followed by cooling in oil and tempering at 300°C. After heat treatment, the hammers have strength of 39...47.5 HRC.

It was established that the decisive indicator of the quality of processing of animal raw materials is not only the degree of grinding but also the economic feasibility of using a particular type of equipment.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ ТВАРИННИХ КОРМІВ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

О. І. Бабанова, І. Г. Бабанов

Національний університет харчових технологій

А. О. Шевченко

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Створення підприємств малої потужності для перероблення тваринної сировини в Україні призвело до значного зниження обсягу, технічного й санітарного рівня виробництва сухих тваринних кормів. Корми, що отримують за традиційною технологією, мають низьку біохімічну і харчову цінність через тривале термічне оброблення сировини і несвоєчасне її перероблення.

У статті зазначено, що удосконалення існуючого обладнання з встановленням додаткового пристрою для попереднього подрібнення дасть змогу інтенсифікувати не лише процес подрібнення технічної сировини (отримання менших частинок на виході), а й технологічний процес у цілому (знежирювання кістки, сушіння та подрібнення сухої шквари). З метою удосконалення існуючої технології й обладнання розроблено високоефективні способи перероблення технічної сировини та створено технологічне обладнання малої потужності з використанням енерго- і ресурсозаощаджуючих технологій.

Важливу роль у виробництві сухих тваринних кормів відіграють молоткові та роторні дробарки різноманітних модифікацій. Молоткові дробарки прості за конструктивним виконанням й призначені для крупного, середнього і дрібного подрібнення харчової продукції різного призначення, а також можуть застосовуватися для подрібнення крихких матеріалів й рослинної сировини.

Для забезпечення інтенсифікації процесу перероблення технічної сировини на молоткових дробарках, зменшення зносу робочих органів запропоновано встановити молотки з одним отвором, виконані з легованої термічнообробленої зносостійкої сталі. Термооброблення сталі відбувається при нагріві до 860°C з подальшим охолодженням в мастилі і відпуску при 300°C. Після проведеного термооброблення молотки мають міцність 39...47,5 НRC.

Встановлено, що вирішальним показником якості перероблення технічної тваринної сировини залишається не лише ступінь подрібнення, а й економічна доцільність використання того чи іншого типу обладнання.

Ключеві слова: технічна сировина, дробарка, сухі тваринні корми, молотки, подрібнення, валки.

Постановка проблеми. Аналіз літературних джерел і практичного вивчення проблеми використання нехарчових відходів, одержаних у результаті перероблення технічної сировини з метою виробництва сухих тваринних кормів в Україні, підтвердив, що технології виробництва через недостатній рівень технічного оснащення вимагає удосконалення. Також відомо, що механізація процесів перероблення технічної сировини на м'ясопереробних підприємствах складає близько 50% [1; 2].

Створення підприємств малої потужності для перероблення технічної сировини в Україні призвело до значного зниження обсягу виробництва сухих тваринних кормів, технічного й санітарного рівня їх перероблення.

У більшості цехів технічних фабрикатів м'ясопереробних підприємств встановлені вакуум-горизонтальні котли для теплового оброблення технічної сировини й сушіння знежиреної шквари, дробарки, просіювачі, що мають низький рівень механізації й автоматизації з використанням невідосконаленої технології перероблення технічної сировини. Корми, що виробляються за такою технологією, мають низьку біохімічну і харчову цінність через тривале термічне оброблення сировини і несвоєчасне її перероблення, і, в основному, виробляються другим та третім сортами.

Технічна сировина, отримана при переробленні тварин на м'ясопереробних підприємствах малої потужності, створених в умовах сільської місцевості, практично не використовується.

Мета дослідження: розробити високоефективні способи перероблення технічної сировини та створити технологічне обладнання малої потужності з використанням енерго- і ресурсозаощаджувальних технологій.

Викладення основних результатів дослідження. Важливу роль у виробництві сухих тваринних кормів при переробленні технічної сировини відіграють молоткові та роторні дробарки різних модифікацій.

Встановлено, що вирішальним фактором залишається не лише ступінь подрібнення, а й економічна доцільність використання того чи іншого типу обладнання [3; 4].

Молоткові і роторні дробарки за способом дії відносяться до ударних. Подрібнення здійснюється переважно шляхом удару рухомими робочими органами. Молоткові дробарки придатні для крупного, середнього і дрібного подрібнення різноманітної харчової продукції, а також застосовуються для подрібнення крихких матеріалів й рослинної сировини. До переваг цього обладнання доцільно віднести й простоту конструкції. У молоткових дробарках як робочі органи застосовуються молотки, які шарнірно закріплені на обертовому з великою швидкістю роторі. Сила удару обумовлюється швидкістю обертання та масою молотків.

Подрібнення ударом у молоткових дробарках забезпечує значний ефект подрібнення, ніж роздавлюванням, що застосовується в інших типах подрібнювального обладнання, наприклад, у шоківих або конусних дробарках. Ступінь подрібнення в молоткових дробарках значно вища (становить до 20...30), а питома витрата енергії — нижча, ніж в інших типах дробарок. Кількісною характеристикою процесу подрібнення є ступінь подрібнення, що показує, у скільки разів зменшився розмір частинок матеріалу при подрібненні [5].

Молоткові дробарки мають такі переваги:

- висока продуктивність, що припадає на одиницю маси;
- менш металоємкі;
- вартість обладнання на одиницю продуктивності в 3,5...5,5 раза нижча, ніж валкових і шоківих дробарок;
- маса корпусу відповідно в 4,5...5 разів менша;
- значно нижча встановлена потужність електродвигуна.

До недоліків молоткових дробарок слід віднести:

- швидкий знос молотків, бронеплит, колосникових решіток при подрібненні абразивних матеріалів;
- залипання колосникових решіток при подрібненні вологих пластичних матеріалів;
- складність монтажу і балансування ротора.

Вищесказане зумовлює необхідність пошуку науково-обґрунтованих шляхів інтенсифікації й оптимізації способів подрібнення на молоткових дробарках з метою зменшення зносу молотків, що призведе до скорочення часу на ремонт та обслуговування й більш довготривалої роботи молоткової дробарки. Також пропонується розробити та встановити пристрій для попереднього подрібнення кісток при виробництві сухих тваринних кормів.

Для цього необхідно вирішити такі завдання:

- провести дослідження процесу подрібнення кісток у дробарці, виявити фактори, які безпосередньо впливають на готовий продукт;
- розробити математичну модель робочого органу молоткової дробарки з урахуванням статичних і динамічних характеристик;
- на основі математичної моделі здійснити моделювання та розрахунок параметрів технологічного процесу.

Для забезпечення інтенсифікації процесу, що включає зменшення зносу молотків, запропоновано встановлення молотків з одним отвором і профільним краєм, які виконані з легованої термічно обробленої зносостійкої сталі. Термооброблення сталі відбувається при нагріві до 860°C з подальшим охолодженням у мастилі і відпуску при 300°C. Після такого термооброблення молотки мають міцність 39...47,5 HRC [6].

За допомогою програми Solid Works на основі математичної моделі здійснено дослідження роботи молотків і розрахунок напружень, які виникають під час роботи дробарки. При порівнянні молотків із профільним краєм з молотками стандартної конструкції отримуємо низку переваг, а саме:

- рівномірне розподілення тисків і створення зони розрідження, що позитивно впливає на рух сировини в дробарці;
- найбільші значення векторів швидкості подрібнення зосереджені після удару молотками та при зіткненні сировини з деками;
- інтенсивніше відбувається закручування частинок сировини. Це вказує на те, що частинки інтенсивніше переміщуються в просторі, відповідно, інтенсивність ударів сировини об молотки та дека збільшується.

Пристрій для попереднього подрібнення має бути виконаний з застосуванням рифлених валків. Обертаючись з незначною швидкістю назустріч один одному, валки забезпечують попереднє подрібнення сировини, завдяки цьому більш дрібна кістка швидше подрібнюється до необхідного розміру в основній частині дробарки. Також передбачено можливість регулювання робочого зазору між валками за допомогою натяжного пристрою.

Завдяки встановленню додаткового пристрою для попереднього подрібнювання в конструкцію молоткової дробарки досягається зменшення часу оброблення

сировини в основному подрібнювачі (молоткова дробарка), можливість регулювання розмірів продукту на виході, зменшення зносу робочих органів дробарки та подрібнення різних видів технічної сировини, що надає обладнанню універсальності.

На основі конструктивних розрахунків запропоновано встановити електродвигун з двостороннім валом. Приведення в рух дробарки здійснюватиметься через муфту, а пристрій попереднього подрібнення буде приводитися в рух за допомогою редуктора та ланцюгової передачі.

У розвантажувальний пристрій доцільно встановити решітки з меншими отворами, ніж у стандартному обладнанні, завдяки цьому вихідний продукт буде меншого розміру.

Висновки

Використання пристрою для попереднього подрібнення, встановлення решіток з меншими отворами і молотків з профільним краєм, виготовлених з легованої термічно обробленої зносостійкої сталі, дасть змогу інтенсифікувати не лише процес подрібнення технічної сировини (отримання менших частинок на виході), а й технологічний процес загалом (знежирювання кісток, сушіння та подрібнення сухої шквари).

Література

1. Технологическое оборудование мясокомбинатов / Бредихин С.А. и др. 2-е изд., испр. Москва: Колос, 2000. 392 с.
2. Ивашов В. И. Оборудование для переработки мяса. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: учеб. пособ. в 2 ч. Ч. 2. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. 464 с.
3. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учеб. пособ. Тамбов: изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2004. 75с.
4. Кошевой Е. П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. 232 с.
5. Саленко Ю. С. Обладнання для подрібнення матеріалів: дробарки та млини: навч. посіб. Кременчук: КДПУ, 2008. 100 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т. 2. 8-е изд., перераб. и доп. / под ред. И. Н. Жестковой. Москва: Машиностроение, 2001. 912 с.

INFLUENCE OF INERTIAL AND GEOMETRICAL PARAMETERS OF VACUUM CAPTURING DEVICES ON PERMISSIBLE EFFORTS FOR MAINTENANCE OF CONTAINERIZED ARTIFICIAL CARGO

**M. Yakymchuk, O. Gavva, L. Kryvoplyas-Volodina,
S. Tokarchuk, V. Yakymchuk**
National University of Food Technologies

Key words:

*Vacuum capturing devices
Containerized artificial
cargo
Retention forces
Corrugated suction cup*

Article history:

Received 02.10.2020
Received in revised form
15.10.2020
Accepted 28.10.2020

Corresponding author:

M. Iakymchuk

E-mail:

mykolaiaakymchuk.2016@gmail.com

ABSTRACT

Revolutionary changes are observed in the designs of modern vacuum capturing devices. These changes are related due to the emergence of new structural materials with improved physical and mechanical properties and technologies for creating complex structures through the usage of 3D printers. The need to create new designs of vacuum capturing devices with advanced functionality is currently very relevant.

In the article the authors considered the possibility of using vacuum capturing devices to perform technological operations in the equipment for moving containerized artificial cargo. A mathematical model has been developed to determine the holding force of containerized artificial cargo and the amount of vacuum in such devices, taking into account additional dynamic loads and physical and mechanical properties of packaging units, which made it possible to ensure their reliable retention. A comparative analysis of the retention efforts of standard and corrugated suction cups has been conducted.

According to the results of analytical studies, it was established that the change in the direction of the inertial force vector increased the retention forces of the containerized artificial cargo by 1.5 times at the same indicators of kinematic and dynamic loads.

The usage of corrugated suction cups provided additional technical capabilities for capturing containerized artificial cargo with a complex configuration of forming surfaces, but was also an additional source of oscillating processes that significantly reduced the retention force of packages up to 40% compared to standard suction cups at the same vacuum values, kinematic and dynamic loads.

It was determined that shifting the axis of the suction cup relative to the center of gravity of the containerized artificial cargo within the core size of the contact cross section led to the significant increase in vacuum in the suction cup by 30% and change the angle of inertia by 40%.

The obtained results can be used to develop new designs of vacuum capturing devices.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-5-10

ВПЛИВ ІНЕРЦІЙНИХ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУМНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ДОПУСТИМЕ ЗУСИЛЛЯ УТРИМАННЯ ТАРНО- ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

М. В. Якимчук, О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна,
С. В. Токарчук, В. М. Якимчук

Національний університет харчових технологій

У конструкціях сучасних вакуумних захоплювальних пристроїв спостерігаються революційні зміни. Ці зміни пов'язані з появою нових конструктивних матеріалів з покращеними фізико-механічними характеристиками і технологій створення складних конструкцій шляхом використання 3D-принтерів. Потреба створення нових конструкцій вакуумних захоплювальних пристроїв з розширеними функціональними можливостями є наразі дуже актуальною.

У статті розглянуто можливість використання вакуумних захоплювальних пристроїв для виконання технологічних операцій в обладнанні для переміщення тарно-штучних вантажів. Розроблено математичну модель для визначення зусилля утримання тарно-штучних вантажів і величини вакууму в таких пристроях з урахуванням додаткових динамічних навантажень і фізико-механічних властивостей пакувальних одиниць, що надає можливість забезпечити надійне їх утримання. Проведено порівняльний аналіз зусиль утримання стандартних і гофроприсмоктувачів.

За результатами аналітичних дослідження встановлено, що зміна напрямку вектора сили інерції збільшує зусилля утримання тарно-штучного вантажу в 1,5 рази при однакових показниках кінематичних і динамічних навантажень.

Використання гофроприсмоктувачів надає додаткові технічні можливості для захоплення тарно-штучних вантажів зі складною конфігурацією твірних поверхонь і є додатковим джерелом коливальних процесів, які суттєво зменшують зусилля утримання упаковок до 40% порівняно зі стандартними присмоктувачами при однакових показниках величини вакууму, кінематичних і динамічних навантажень.

Визначено, що зміщення осі присмоктувача відносно центру тяжіння тарно-штучного вантажу в межах розмірів ядра перерізу контакту призводить до суттєвого збільшення величини вакууму в присмоктувачі на 30%, а зміна кута дії сили інерції — на 40%.

Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій вакуумних захоплювальних пристроїв.

Ключеві слова: *вакуумні захоплювальні пристрої, тарно-штучний вантаж, зусилля утримання, гофроприсмоктувач.*

Постановка проблеми. *Сьогодення пакувальної індустрії характеризується розробкою та використанням великої номенклатури тарно-штучних вантажів.*

Такі вантажі мають різні форми, розміри, масу, фізичні та механічні властивості матеріалів тощо [1]. Для переміщення тарно-штучних вантажів у технологічних процесах використовують захоплювальні пристрої [2]. Захоплювальні пристрої призначені для захоплення й утримання в певному положенні об'єктів під час переміщення. Найбільш поширеними є вакуумні захоплювальні пристрої [3]. Однак параметри переміщення тарно-штучних вантажів складної форми вакуумними захоплювальними пристроями потребують уточнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [4; 5] наводиться опис видів захоплювальних пристроїв і методика їх розрахунку. Однак через застосування нових пакувальних матеріалів, зменшення їх товщини та збільшення повітропроникності ці методики потребують доповнення й уточнення.

Дослідження кінематики та динаміки захоплювальних пристроїв як основних елементів промислових роботів, способи розробки алгоритмів їх керування та інші питання автоматизації писані в [5; 6].

Питанням автоматизації технологічних процесів із застосуванням пристроїв маніпулювання штучними об'єктами присвячені праці [7; 8]. Однак наведені конструкції захоплювальних пристроїв і схеми маніпуляторів використовуються для технологічних операцій тільки з металевими виробами і мають обмежене використання в пакувальному обладнанні.

У [9—12] розглянуто застосування пневматичних пристроїв для захоплення виробів. Як робочий агент для таких пристроїв використовують стиснене повітря. Наведені методики розрахунку і підбору пневматичних захоплювальних пристроїв не враховують фізико-механічні властивості пакувальних матеріалів та пакованого харчового продукту і можуть лише наближено використовуватись для проектування пневматичних захоплювальних пристроїв у пакувальній індустрії.

Мета дослідження: математичне моделювання зміни зусилля утримання тарно-штучних вантажів вакуумними елементами з урахуванням кінематичних параметрів вакуумної системи та геометричних розмірів упаковок.

Матеріали і методи. При створенні математичної моделі були прийняті припущення, що матеріал пакованого об'єкта (тарно-штучний вантаж) є досить жорстким тілом, в якому відсутні деформації; еластичний матеріал вакуумного присмоктувача утворює пружний елемент.

Викладення основних результатів дослідження. Після захоплення тарно-штучного вантажу відбувається його переміщення. Типова коливальна система такої конструкції представлена у вигляді двомасової моделі, яка складається із ведучої маси — елементів привода із захоплювальною головкою m_1 та зведеної маси — тарно-штучного вантажу m_2 , з'єднаного пружною ланкою (гофроприсмоктувачем), що має жорсткість $C_{1,2}$ та додатковим компенсуючим елементом $b_{1,2}$ (рис. 1).

Рушійною силою під час піднімання приведеної маси механізму m_1 є сила, $P_{дв}$, а силою опору, яка діє на масу m_2 , є вага вантажу.

Рух мас m_1 та m_2 запишемо у такому вигляді:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = P_{\text{дв}} - C_{1,2} (x_1 - x_2) - b_{1,2} (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \\ m_2 \ddot{x}_2 = -F_{\text{оп}} + C_{1,2} (x_1 - x_2) - b_{1,2} (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \end{cases} \quad (1)$$

Конструкція вакуумної захоплювальної головки



Модель коливальної системи

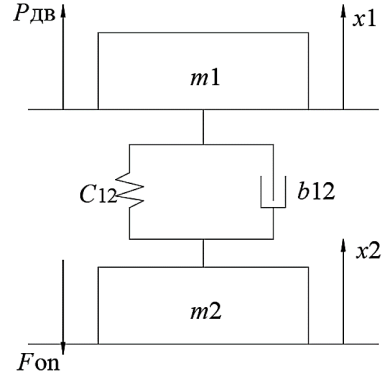


Рис. 1. Модель коливальної системи при використанні вакуумного захоплювального пристрою

Якщо знехтувати перехідними процесами на початковому етапі руху маси m_1 та врахувати, що рух під час піднімання тарно-штучного вантажу, наприклад, є рівноприскореним, то величина середнього значення швидкості $\dot{x}_1 = const = V_1$, тоді $\ddot{x}_1 = 0$. Величина рушійної сили визначається за формулою:

$$P_{\text{дв}} = C_{1,2} (V_1 \cdot t - x_2) - b_{1,2} (\dot{V}_1 - \dot{x}_2). \quad (2)$$

Підставимо рівняння (2) в систему (1) та отримаємо характеристику руху мас m_1 та m_2 :

$$\begin{cases} \ddot{x}_2 = \frac{1}{m_2} (C_{1,2} (V_1 \cdot t - x_2) + b_{1,2} (\dot{V}_1 - \dot{x}_2) - F_{\text{оп}}) \\ b_{1,2} \cdot \dot{x}_2 + C_{1,2} \cdot x_1 = C_{1,2} \cdot V_1 \cdot t + b_{1,2} \cdot V_1 - P_{\text{дв}} \end{cases} \quad (3)$$

Однак слід зазначити, що конструкції сучасних тарно-штучних вантажів характеризуються використанням великої номенклатури складних форм. І забезпечити їх захоплення в точці, де центр мас збігається з геометричною віссю виробу, досить проблематично. Внаслідок цього в процесі переміщення таких тарно-штучних вантажів на них суттєво збільшується дія крутного моменту M та ймовірність їх відриву від присмоктувача. Тому досліджено вплив крутного моменту від зміщення осі контакту присмоктувача відносно центру тяжіння тарно-штучного вантажу на зусилля його утримання.

Схема переміщення тарно-штучного вантажу вакуумним присмоктувачем за умови зміщення його осі захоплення відносно центру тяжіння наведена на рис. 2.

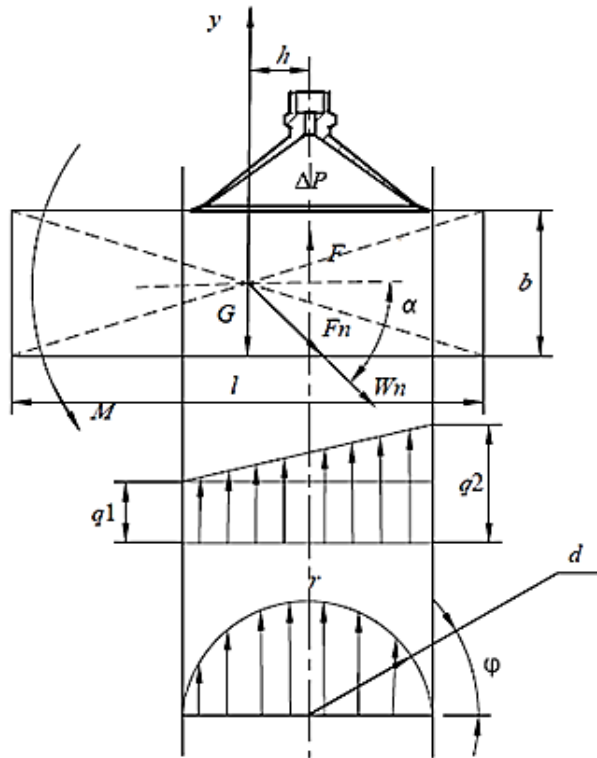


Рис. 2. Схема захоплення тарно-штучного вантажу вакуумним присмоктувачем за умови зміщення його осі відносно центру тяжіння

Припустимо, що центр тяжіння тарно-штучного вантажу зміщений відносно осі присмоктувача на величину h . Тоді на присмоктувач із боку вантажу масою m_2 діє сила інерції F_{in} , а також зовнішній момент сил, який перерозподіляє тиск присмоктувача на поверхню вантажу, величина якого залежить від його ваги і відстані від центру тяжіння вантажу до осі присмоктувача. Розподілення тиску показано у вигляді епюри (рис. 2).

З епюри видно, що найменший тиск q_1 визначає зону ймовірного відриву контакту присмоктувача від тарно-штучного вантажу.

Зміна тиску з \max до \min визначається з рівняння:

$$q = q_0 + \frac{M_r}{I_r} r_\varphi, \quad (4)$$

де $q_0 = \frac{4(F - (G_B + F_{in} \sin \alpha) + W_{II} \sin \alpha_n)}{\pi d^2}$ — середнє значення тиску за умови його

рівномірного розподілення; r_φ — кутова координата, яка описує зону зміни тиску: $-d/2 < r_\varphi < +d/2$; d — діаметр присмоктувача; I_r — момент інерції опорної

площини $I_p = SR^2$, де R — радіус інерції відносно площі опорної поверхні; M_r — момент від зовнішніх навантажень відносно поверхні контакту. При використанні вакуумних присмоктувачів отримуємо кільцеву опорну поверхню, радіус інерції якої визначається за формулою [4] (рис. 2):

$$R^2 = \frac{D^2}{16} \left[1 + \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right], \quad (5)$$

де D, D_1 — діаметри зовнішнього та внутрішнього кільця контакту присмоктувача з упаковкою.

Момент інерції опорної кільцевої поверхні між присмоктувачем і поверхнею вантажу:

$$I_p = SR^2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - D_1^2) \cdot \frac{D^2}{16} \left[1 + \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right] = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_1^4). \quad (6)$$

Прийmemo припущення, що закон розподілення тиску по периметру буртика присмоктувача з матеріалом упаковки є лінійним. Тоді мінімальний і максимальний тиск відповідно до рівняння (10) визначається:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{4(F - (G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha))}{\pi d^2} - \left(\frac{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha b}{2I_p} \right) \frac{d}{2} \\ q_2 = \frac{4(F - (G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha))}{\pi d^2} + \left(\frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} + \frac{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha)h}{I_p} \right) \cdot \frac{d}{2} \end{cases} \quad (7)$$

$$I_p = SR^2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - D_1^2) \cdot \frac{D^2}{16} \left[1 + \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right] = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_1^4)$$

Умова надійного контакту присмоктувача з тарно-штучним вантажем має вигляд:

$$q_1 > 0. \quad (8)$$

Руйнування контакту між присмоктувачем і тарно-штучним вантажем буде характеризувати початок процесу відриву, який почнеться при умові $q_1 = 0$. Величину вакууму в присмоктувачі на початок процесу відриву визначимо з рівняння:

$$\frac{4(F - (G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha))}{\pi d^2} - \left(\frac{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha b}{2I_p} \right) \frac{d}{2} = 0. \quad (9)$$

Після відповідних перетворень отримаємо:

$$\Delta p = \left(\frac{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} \right) \frac{d}{2} + \frac{4(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha)}{\pi d^2}. \quad (10)$$

Якщо значення вакууму задане, то з рівняння (10) визначимо максимальне зміщення центру мас тарно-штучного вантажу відносно осі присмоктувача:

$$h \leq \frac{2I_p}{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha)d} \left(\Delta p - \frac{4(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha)}{\pi d^2} \right) + \frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha b d}{4I_p}. \quad (11)$$

З рівняння (11) видно, що величина зміщення центру тяжіння тарно-штучного вантажу відносно осі присмоктувача залежить від діаметра присмоктувача, маси вантажу, напрямку вектора та величини прискорення. Для його зменшення до-

цільно використовувати одночасно декілька присмоктувачів, які синхронно виконують операцію захоплення тарно-штучного вантажу, а їх раціональне розташування по поверхні упаковки забезпечить компенсацію дії зовнішніх моментів сил.

З іншого боку, зміщення осі вакуумної присоски відносно центру тяжіння (рис. 2) призводить до зміни значень тисків q_1, q_2 , і, як наслідок, форми епюри (наприклад, рис. 3). У результаті контакту присмоктувача по опорній кільцевій площині всередині неї утворюється площина тиску, яка називається ядром перерізу [4].

Розмір ядра перерізу для кільцевої поверхні визначаємо з рівняння [7]:

$$r_{\text{я}} = \frac{D}{8} \left[1 + \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right]. \quad (12)$$

Тоді умова надійного контакту між присмоктувачем і тарно-штучним вантажем має вигляд:

$$r_x < r_{\text{я}}, \quad (13)$$

де r_x — координата результуючої сили Q площі епюри тиску (рис. 3).

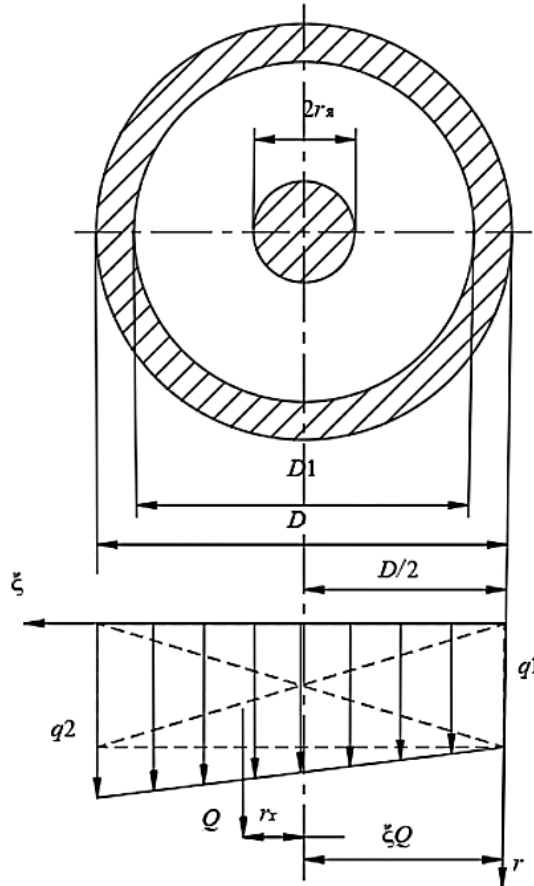


Рис. 3. Схема розподілення тиску по площі контакту в процесі переміщення тарно-штучного вантажу вакуумним присмоктувачем

Для визначення координати прикладання сили Q розглянемо площу епюри тиску, яка складається з прямокутника і трикутника. Відповідно, площі фігур визначимо з рівнянь: $S_1 = q_1 \cdot D$; $S_2 = \frac{1}{2}(q_1 - q_2) \cdot D$. (14)

Координату сили Q визначаємо з рівняння:

$$\xi_Q = \frac{S_1 \cdot \xi_1 + S_2 \xi_2}{S_1 + S_2}, \quad (15)$$

де $\xi_1 = D / 2$; $\xi_2 = \frac{2}{3} D$ — координати центру мас фігур, з яких складається епюра.

Підставимо вирази (14) та (15) у вираз (12) та з рис. 3 визначимо координату

$$r_x = \xi_Q - \frac{D}{2} = \frac{q_1 \cdot D \cdot \frac{D}{2} + \frac{2}{3} D \frac{1}{2} (q_2 - q_1) \cdot D}{q_1 \cdot D + \frac{1}{2} (q_2 - q_1) \cdot D} - \frac{D}{2}. \quad (16)$$

Після відповідних перетворень рівняння (16) має вигляд:

$$r_x = \frac{D \cdot (q_1 - 3q_2)}{6}. \quad (17)$$

Підставимо рівняння (17) та рівняння (12) в рівняння (11) та отримаємо максимальне зміщення центру мас упаковки відносно осі присмоктувача:

$$h < \left[\left(1 + \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right) \frac{6}{8} - \frac{16(F - (G + F_{\text{ин}} \sin \alpha + W_{\text{II}} \sin \alpha))}{\pi d^2} - \frac{F_{\text{ин}} \cos \alpha b d}{2I_p} \right) \cdot \frac{I_p}{(G + F_{\text{ин}} \sin \alpha) d}. \quad (18)$$

Результати аналітичних досліджень зусилля утримання тарно-штучного вантажу вакуумним присмоктувачем представлено у вигляді графіка на рис. 4.

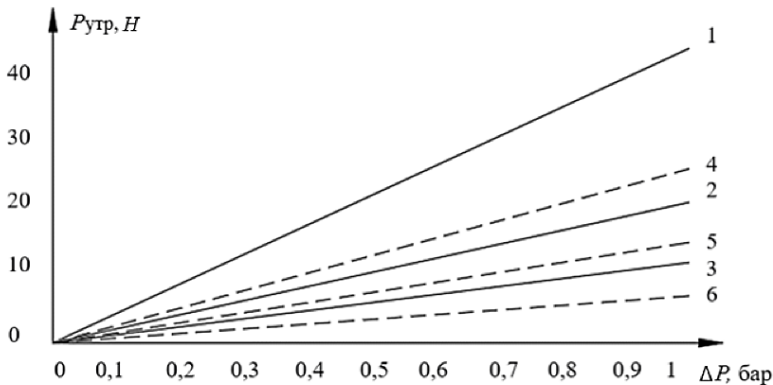


Рис. 4. Графік залежності зусилля утримання $P_{\text{утр}}$ від перепаду тиску ΔP у вакуумному захоплювальному елементі для тарно-штучного вантажу з коробкового картону під час його піднімання при:

$\alpha = 90^\circ$ для діаметрів присмоктувача: 1 – $d = 30$ мм; 2 – $d = 20$ мм; 3 – $d = 15$ мм; $\alpha = 30^\circ$ для діаметрів присмоктувача 4 – $d = 30$ мм; 5 – $d = 20$ мм; 6 – $d = 15$ мм

Порівняльна характеристика зусилля утримання між стандартними і гофроприсмоктувачами (рис. 5).

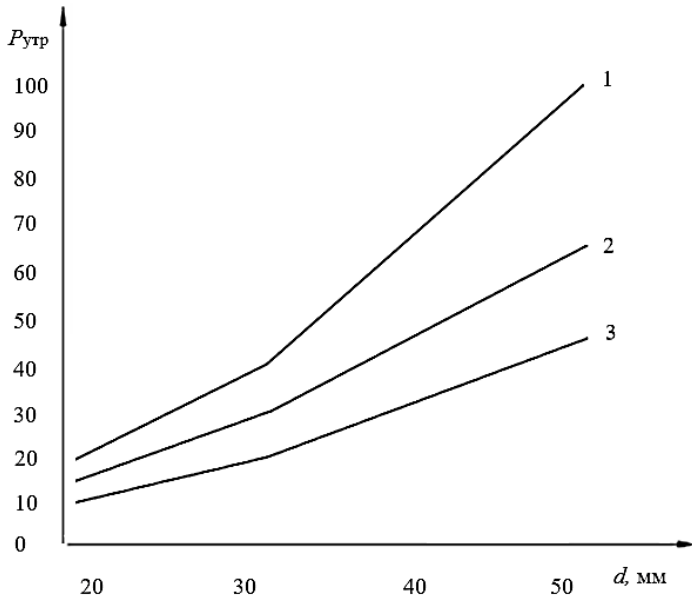


Рис. 5. Зміна зусилля утримання залежно від діаметрів присмоктувачів:
 1 — стандартним присмоктувачем; 2 — гофроприсмоктувачем з 1,5-гофро;
 3 — гофроприсмоктувачем з 3,5-гофро

Результати теоретичних досліджень впливу розташування осі присмоктувача відносно центру тяжіння тарно-штучного вантажу та кута дії сили інерції на розрідження всередині присмоктувача наведено на рис. 6.

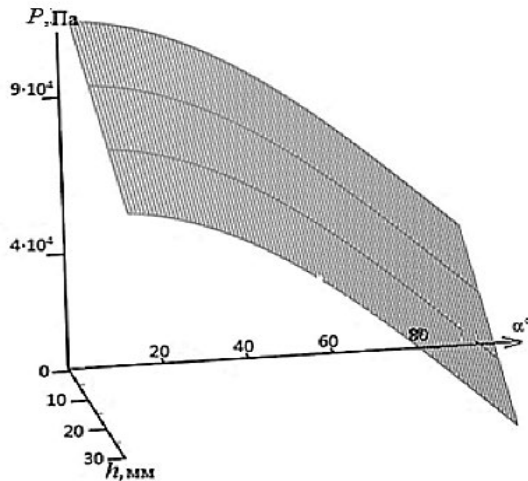


Рис. 6. Зміна розрідження в присмоктувачі (ΔP , Па) як функції зміщення його осі розташування відносно центру тяжіння тарно-штучного вантажу (h , мм) та кута дії сили інерції (α°)

Висновки

За результатами аналітичних дослідження встановлено, що зміна напрямку вектора сили інерції (при $30 \leq \alpha \leq 90$) збільшує зусилля утримання тарно-штучного вантажу в 1,5 раза при однакових показниках кінематичних і динамічних навантаженнях.

Використання гофроприсмоктувачів забезпечує додаткові технічні можливості для захоплення тарно-штучних вантажів зі складною конфігурацією твірних поверхонь і є додатковим джерелом коливальних процесів, які суттєво зменшують зусилля утримання упаковок до 40% порівняно зі стандартними присмоктувачами при однакових показниках величини вакууму, кінематичних і динамічних навантаженнях.

Визначено, що зміщення осі присмоктувача відносно центру тяжіння тарно-штучного вантажу в межах розмірів ядра перерізу контакту призводить до суттєвого збільшення величини вакууму в присмоктувачі на 30%, а зміна кута дії сили інерції — на 40% (рис. 6).

Література

1. Пакувальне обладнання: підручник / О. М. Гавва та ін. К.: ІАЦ Упаковка, 2010. 746 с.
2. Гавва О. М., Беспалько А. П., Волчко А. І. Пакувальне обладнання. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару. К.: ІАЦ Упаковка, 2008. 436 с.
3. Якимчук М. В., Гавва О. М., Якимчук В. М. Захоплювальні пристрої для пакувальної індустрії. *Упаковка*. 2020. № 4, 5. С. 48—51.
4. Отений Я. Н., Ольштынський П. В. Выбор и расчет захватных устройств промышленных роботов: учебное пособие. Волгоград: ВолГТУ, 2000. 64 с.
5. Основи САПР пакувального обладнання: навч. посіб. / Б. О. Пальчевський та ін.; за ред. проф. Б. О. Пальчевського. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2008. 160 с.
6. Пальчевський Б. О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): навч. посіб. Львів: Світ, 2007. 392 с.
7. Волчко А. И. Повышение технического уровня линий укладки штучных грузов пищевой промышленности в транспортную тару: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.14. К., 1986. 286 с.
8. Miyake T., Ishihara H., Tomino T. Vacuum-based wet adhesion system for wall climbing robots-lubricating action and seal action by the liquid. *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*. ROBIO 2008. Bangkok, Thailand: IEEE, 2009.
9. Brown E., Rodenberg N., Amend J., et al. Universal robotic gripper based on the jamming of granular material. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010. 107.44. P. 18809—18814.
10. Amend J. R., Brown E., Rodenberg N., et al. A positive pressure universal gripper based on the jamming of granular material. *IEEE Trans Rob*. 2012. 28(2). P. 341—350.
11. Tomokazu T., Kikuchi S., Szuki M., et al. Vacuum gripper imitated octopus sucker-effect of liquid membrane for absorption. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. Hamburg, Germany: IEEE, 2015.
12. SMC Vacuum Pad Series ZP3E. *JAPAN: SMC Corporation. Web Catalog*. P. 385.

MASS TRANSMISSION INTENSIFICATION IN GAS-LIQUID SYSTEMS

A. Sokolenko, O. Shevchenko, V. Kostyuk, S. Litvinchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Intensification
Mass transfer
Force of inertia
Similarity criteria
Gas-liquid medium*

Article history:

Received 01.10.2020
Received in revised form
13.10.2020
Accepted 27.10.2020

Corresponding author:

O. Shevchenko

E-mail:

tmipt@ukr.net

ABSTRACT

The article concerns materials related to solving problems of mass transfer intensification in gas-liquid media on the example of a system with air aeration of liquid phases. The estimates of systems and the ratios of their parameters take into account the peculiarities of transients in accordance with the principles of Le Chatelier and the most probable state.

The set of factors influencing the intensification of mass transmission includes driving forces and resistance forces, which are represented at the levels of macro- and microphysical processes. Macroprocesses include the formation of a discrete gas phase and a set of gas arrays that lead to the concept of gas holding capacity of the medium. Taking into account Archimedes' law, the gas holding capacity is defined as a driving factor in creating the volumetric stress state and energy potential of the circulation circuits. The analysis of combinations of parameters as a part of criteria of hydrodynamic similarity of Reynolds, Froud and Euler has led to the list of forces: gravity, inertia, friction and pressure. The assessment of the possibilities of their use as regulatory factors led to the conclusion that the most probable factor is the force of inertia, because it is a response to variable kinematics parameters in the movement of gas-liquid flows.

The established relations between force indicators and gas holding capacity of the environment show possibilities of generation of forces of inertia. The existing physical connection between hydrostatic pressures and force manifestations at the level of Archimedes' law in conjunction with Newton's third law led to the confirmation of the prospects of using pulsating and other influences in the form of linear or centrifugal forces of inertia.

The given generalizations and formalizations are supplemented by examples of possibilities of their applications in applied developments.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МАСОПЕРЕДАЧІ В ГАЗОРІДИННИХ СИСТЕМАХ

А. І. Соколенко, О. Ю. Шевченко, В. С. Костюк, С. І. Літвинчук
Національний університет харчових технологій

Стаття стосується матеріалів, пов'язаних з вирішенням задач інтенсифікації масопередачі в газорідних середовищах на прикладі системи з повітряною аерацією рідинних фаз. В оцінках систем і співвідношень їх параметрів ураховані особливості перехідних процесів відповідно до принципів Ле Шательє та найбільш імовірного стану.

Набір факторів впливу на інтенсифікацію масопередачі включає рушійні сили та сили опору, які представлені на рівнях макро- і мікрофізичних процесів. До макропроцесів віднесено формування дискретної газової фази і сукупності газових масивів, тобто йдеться про поняття газоутримувальної здатності середовища. Згідно із законом Архімеда газоутримувальна здатність визначена як рушійний фактор у створенні об'ємного напруженого стану й енергетичного потенціалу циркуляційних контурів. Аналіз сполучень параметрів у складі критеріїв гідродинамічної подібності Рейнольдса, Фруда та Ейлера визначив перелік сил тяжіння, інерції, тертя і тиску. Оцінка можливостей їх використання як регулятивних факторів дає змогу стверджувати, що найбільш імовірним фактором є сила інерції, яка є відгуком на змінні кінематичні параметри в русі газорідних потоків.

Встановлені співвідношення між силовими показниками і газоутримувальною здатністю середовища показують можливості генерування сил інерції. Існуючий фізичний зв'язок між гідростатичними тисками і силовими проявами на рівні закону Архімеда в сукупності з третім законом Ньютона підтвердив перспективи використання пульсаційних та інших впливів у формі лінійних або відцентрових сил інерції.

Наведені узагальнення і формалізації доповнені прикладами можливостей їх застосувань у прикладних розробках.

Ключові слова: інтенсифікація, масопередача, сила інерції, критерії подібності, газорідне середовище.

Постановка проблеми. Існування і розвиток харчових, мікробіологічних, хімічних технологій і більшість проявів біологічного світу пов'язані з перебігом енерго- і масообмінних процесів. При цьому використаний термін «перебіг» вказує на певний рівень динаміки, що стосується кінематичних, силових і енергетичних параметрів систем рідинних, газорідних і комбінованих з наявністю твердої фази тощо. Зміни названих параметрів можливо узагальнити назвою перехідних процесів [1—4], а бажані трансформації в них досягаються за рахунок руху, який є невід'ємною властивістю матерії.

У масообмінних системах взаємодія між їх складовими на рівні енерго- і масообміну здійснюється двома складовими або способами. Перший спосіб відпові-

дає передачі потоків у формі маси, а другий — стосується передачі у формі роботи, яка здійснюється в силовому полі або досягаються зміни об'ємів середовищ за рахунок зовнішніх тисків [5; 6]. У теоретичному узагальненні робота визначається макрофізичною формою передачі потоків, а енерго- і масообмін є сукупністю мікрофізичних процесів. Закономірності спрямування перебігу природних процесів за Клаузіусом характеризуються їх самопливністю, тому їх інколи називають «некомпенсованими». Такі самопливні процеси представлені теплопровідністю, дифузією, перетворенням роботи в теплоту, а виконання незворотних процесів потребує термодинамічних компенсацій. У круговому несамопливному процесі перетворення в роботу компенсується одночасним самопливним процесом передачі частини підведеної маси від передавача до приймача.

В організації перехідних процесів мають бути враховані дві особливості. Перша з них стосується принципу Ле Шательє: «Якщо на систему, що знаходиться в стані рівноваги, здійснити якийсь вплив, то в результаті перебігу в ній процесів *рівновага* зміститься в напрямку, який вказаний вплив обмежить». Одним із наслідків принципу Ле Шательє стосовно механічних систем є висновок про те, що найбільш стійкій умові рівноваги відповідає мінімум її потенціальної енергії. Подібний висновок повноправно слід зробити і стосовно хімічних самопливних процесів у бік зменшення внутрішньої енергії, що відповідає позитивному тепловому ефекту реакції [7].

Однак орієнтація системи лише на мінімізацію енергетичного потенціалу не єдина закономірність у зв'язку з природною особливістю систем, відображеною у принципі спрямованості процесів до найбільш імовірного стану системи, якому відповідає максимальна невпорядкованість розташування частинок. У зв'язку з наведеною інформацією відмітимо, що напрямки перетворень у хімічних, теплових, біохімічних процесах керуються двома факторами: тенденцією до переходу системи до стану з найменшою внутрішньою енергією і тенденцією до найбільш імовірного стану [8].

Самопливні процеси в загальній сукупності організованих технологій наявні в меншій кількості, тоді як перебіг інших перехідних та усталених процесів забезпечує необхідні рівні енерго- і масопередачі та, очевидно, кінцевий результат у цілому. Виконання авторами робіт на замовлення промисловості та феноменологічний аналіз теоретичних положень щодо особливостей перебігу перехідних процесів у газорідних середовищах підтверджує можливість і доцільність їх подальшого розвитку [9; 10].

Мета дослідження: вибір заходів інтенсифікації масопередачі на основі аналізу існуючих положень, які характеризують відомі закономірності перебігу процесів у газорідних середовищах з розробкою аналітичних формалізацій.

Викладення основних результатів дослідження. Загальновідомо, що перебіг будь-якого процесу передбачає наявність рушійного фактора, фактора опору, поверхні взаємодії, дисипативних властивостей середовищ і систем тощо. Перелік цих параметрів дає змогу зробити перший крок у виборі напрямків впливів на систему.

У публікації [9] показано, що досягнення інтенсифікації масообмінних процесів у газорідних середовищах потребує силових втручань, які змінюють гідродинамічні характеристики системи. Такій точці зору відповідають критерії гідродинамічної подібності в переліку Рейнольдса, Фруда, Ейлера. Так, набір параметрів у критерії Re відображується відомою залежністю:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}, \quad (1)$$

де w — швидкість потоку, м/с; d — геометричний розмір газових бульбашок, м; ρ — густина рідинної фракції, кг/м³; μ — динамічна в'язкість рідинної фракції, Па·с.

Здійснити оцінку переходу від безрозмірного критерію до співвідношення силових параметрів можливо за рахунок доповнення чисельника і знаменника параметрами w і d :

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} \cdot \frac{d}{d} \cdot \frac{w}{w} = \frac{\text{сила інерції}}{\text{сила тертя}}. \quad (2)$$

Тож відповідальний за режим течії середовища критерій Re характеризує співвідношення між силами інерції та силами тертя. У пошуках відповіді на питання про те, як таким висновком скористатися, нагадаємо, що коефіцієнт динамічної в'язкості μ відображує собою роботу, яку необхідно здійснити за течії шарів рідини для одиничних об'ємних витрат, м³/с, що видно з наступного запису:

$$[\mu] = \text{Па} \cdot \text{с} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = \text{Дж}. \quad (3)$$

Перехід до кінематичної в'язкості дає аналогічний результат:

$$[\nu] = \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с}} = \text{Дж}, \quad (4)$$

який одержали на тій основі, що кінематична в'язкість відображує роботу, що необхідно виконати для відносного переміщення шарів рідини або газу для одиниці масового потоку, кг/с.

Число Фруда $Fr = w^2 / (g\ell)$ характеризує співвідношення між силами інерції і силами тертя в потоці рідини, оскільки в газових потоках цей критерій важливого значення не має через обмежену масу газової фази. Підтвердження вказаному співвідношенню сил одержуємо у трансформованій формі числа Фруда:

$$Fr = \frac{w^2}{gd} \cdot \frac{m}{m} \cdot \frac{d}{d} = \frac{mw^2}{d^2} \cdot \frac{d}{mg} = \frac{\text{сила інерції}}{\text{сила тяжіння}}. \quad (5)$$

Силовому співвідношенню відповідає і критерій Ейлера:

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} = \frac{\text{сила тиску}}{\text{сила інерції}}, \quad (6)$$

де P — тиск у системі, Па.

З наведених характеристик гідродинамічних режимів впливає роль співвідношень силових параметрів у перебігу фізичних, хімічних, мікробіологічних процесів, що стосуються як одного за природою потоку, так і певної їх сукупності.

Оцінка наявності вказаних силових співвідношень приводить до припущення про те, що вони відображують рушійні фактори і фактори опору в процесах енерго- і масопередачі. І таке припущення підтверджується тим, що вони трансформуються у співвідношення у формі джоуля. На підтвердження цієї особливості повернемося до числа Fr:

$$Fr = \frac{w^2}{gd} = \frac{w^2}{gd} \cdot \frac{m}{m}, \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}}. \quad (7)$$

Перехід в оцінках стану систем від силових показників до енергетичних є логічним, оскільки і рушійні сили, і сили опору проявляють себе на певних макро- або мікропереміщеннях. Оскільки існування інформації щодо критеріїв подібності є вказівною для численних спроб відтворення інтенсивних технологічних процесів [10; 11; 13], то додаткове звертання до ролі сил інерції з можливістю їх генерування в технічних системах в цьому дослідженні оцінюється перспективним.

Відомо, що генерування сил інерції з механічної точки зору досягається за рахунок зміни значень між рушійними факторами і факторами опору або за зміни рухомої маси системи за інших рівних умов, або за їх комбінацій. При цьому прояв сили інерції в системі означає наявність прискорення і одночасно перехідного процесу.

Подальший аналіз особливостей перебігу таких процесів доцільно вести на прикладі газорідних систем, наявність у яких диспергованої газової фази дає змогу здійснювати насичення рідинної фракції розчиненим киснем у режимі аерації. Такі технології відповідають аеробним процесам, у яких вхідний потік повітря вводиться в середовище примусово з подальшим диспергуванням. Технічне оформлення систем може бути різним, наприклад, у формі реактора з барботажною системою, механічними диспергаторами, ежекційними апаратами тощо або у формі трубчастих систем різної конфігурації. Проте незалежно від технічного виконання всі технології мають спільну особливість, за якою наявність диспергованої газової фази в рідинній приводить до порушення умови суцільності середовища. Така спільність означає наявність масообмінних процесів на межі поділу фаз. У разі споживання розчиненого кисню з рідинної фази створюються умови дифузійного переходу газової фази з бульбашок в рідинну з розчиненням в останній. Особливістю повітряної фази у складі 78% мас. азоту і 21% мас. кисню є те, що кисень відноситься до числа газів обмеженої розчинності [11], тому в пошуках методів інтенсифікації масопередачі доцільно звернутися до висновків, які узагальнюють теоретичні та експериментальні дослідження [12—15]. У спрощеному вигляді сформульовано твердження про те, що основний опір масопередачі чиниться в рідинній плівці (рис. 1). У зв'язку з цим існує поняття «швидкість оновлення поверхні контактування фаз». При цьому заслуговує на увагу те, що швидкість оновлення є кінематичним параметром і вона пов'язана зі швидкістю спливання в усталеному режимі під дією рівнодіючих у

формі, що відповідає закону Архімеда й опору середовища. Спливання кожної бульбашки супроводжується обтіканням рідиною фазою за участі впливів сусідніх бульбашок у масиві. Ця взаємодія визначає загальний рівень гідродинамічного стану середовища і результат по масопередачі, який також залежить від в'язкості рідинної фази, площі поверхні контактування фаз, фізико-хімічних параметрів середовища, властивостей газової фази тощо. Проте стосовно інтересів загальної технології можливо визначити такий набір параметрів, якому відповідає ситуація у формі інших рівних умов. Саме перехід до їх підтримання дає підстави підтверджувати важливість звертання до силових впливів у газорідних системах. Сукупність таких силових впливів, як показано вище, відображена в критеріях гідродинамічного стану. Це сили тяжіння, рушійні, опору, інерції й тиск. Сили тяжіння в системі можуть бути представлені як стаціонарні або циклічної дії в режимах створення циркуляційних контурів. Важливо, що робота сил тяжіння і сил інерції в теоретичних оцінках за цикл дорівнюють нулю, однак у режимах їх перебігу ця умова не виконується, що означає наявність додаткових силових впливів. Організація циркуляційних контурів з наявністю в них змінних швидкостей на окремих ділянках означає щодо середовища подвійний вплив. На тих із них, де рух потоків прискорений, результуючі сил інерції відображують і доповнюють сили опору, а на ділянках зі сповільненим рухом — роль рушійних факторів.

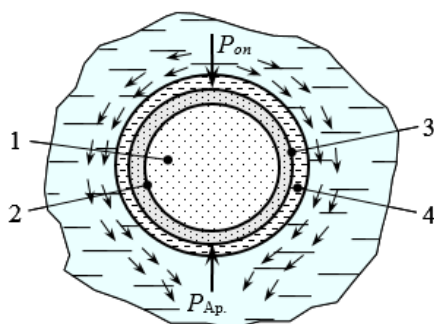


Рис. 1. Схема структури системи «бульбашка — рідинна фаза»: 1 — газовий об'єм бульбашки; 2 — газова плівка, що прилягає до міжфазної поверхні; 3 — міжфазна поверхня; 4 — рідинна плівка

Процес масопередачі в газорідній системі має дві складові. Перша з них може оцінюватися на рівні макровпливів і стосуватися фізичної взаємодії між диспергованою газовою і рідинною фазами. Другу складову, що відноситься безпосередньо до масопередачі на поверхні поділу фаз, віднесемо до мікровпливів. Такий поділ доцільно ввести, оскільки ці дві складові мають різні основи щодо рушійних факторів. Так, гідродинамічний стан є відображенням впливу газотримувальної здатності і по диспергованій газовій фазі у формі залежності:

$$P_{руш} = P_{Ар} = u\rho g, \text{ Н} \quad (8)$$

тоді як складова щодо масопередачі відображується відомою формулою:

$$\frac{dm_{O_2}}{d\tau} = \beta F (c_n - c_\tau), \text{ кг/с}, \quad (9)$$

де $\frac{dm_{O_2}}{d\tau}$ — масовий потік кисню в процесі масопередачі; β — коефіцієнт масо-передачі, м/с; F — площа міжфазної поверхні, м²; c_n — стала насичення рідинної фази киснем, кг/м³; c_τ — плинна концентрація розчиненого кисню, кг/м³.

Параметрами, що об'єднують умови (8) і (9), є газотримувальна здатність і поверхня масопередачі. Якщо ввести опосередковане значення діаметра d бульбашок диспергованої газової фази, то одержимо такі співвідношення, які стосуються їх числа n в масиві:

$$u = V_6 n; \quad n = \frac{u}{V_6}; \quad V_6 = \frac{1}{6} \pi d^3; \quad S_6 = \pi d^2; \quad F = n \pi d^2 = \frac{u}{V_6} \pi d^2 = \frac{6u}{d}. \quad (10)$$

Тоді
$$\frac{dm_{O_2}}{d\tau} = \frac{6u}{d} \beta (c_n - c_\tau). \quad (11)$$

Існуюча інформація щодо взаємозв'язків між параметрами дає змогу відмітити у формалізованій формі таке:

- газотримувальна здатність є функцією приведеної швидкості w_{np} , що розраховується за значенням вхідного потоку газової фази, віднесеної до площі перерізу реактора $w_{np} = M_{газ} / f_{ан}$ та швидкості спливання газової фази $w_{сн}$ в рідинній. Тоді маємо можливість запису:

$$u = u(w_{np}, w_{сн}); \quad (12)$$

- діаметр газових бульбашок залежить від фізико-хімічних властивостей рідинної фази, зокрема від динамічної в'язкості μ , коефіцієнта поверхневого натягу σ і температури t , що відповідає запису:

$$d = d(\mu, \sigma, t) \approx \text{const}; \quad (13)$$

- коефіцієнт масопередачі відображується залежністю від параметрів, $\beta = \beta(\mu, \sigma, t, u)$ і тому за умови (13) отримаємо:

$$\beta = \beta(u). \quad (14)$$

З переліку умов (12)—(14) випливає, що за таких рівних умов можливості інтенсифікації масопередачі ґрунтуються на силових взаємних впливах між фазами. Це означає доцільність їх додаткового генерування на рівні сил інерції і стосується складової макровпливів. Одночасно з цим заслуговують на увагу і можливості складової мікровпливів, які відображуються законом Генрі:

$$c_n = kP, \text{ кг / м}^3, \quad (15)$$

де k — константа Генрі, кг/(м³·Па); P — парціальний тиск кисню в газовій фазі, Па.

Значення константи Генрі також відображує залежність від фізико-хімічних параметрів рідинної і газової фаз, зокрема від температури. Однак за стабілізації останніх наближаємося до умови:

$$k = k(t) \approx \text{const}. \quad (16)$$

Проте фактор тиску P однозначно вказує на можливість позитивної ролі у нарощуванні результату по масопередачі. Останнє підтверджується наявністю цього параметра в критерії Ейлера.

Перспективи використання сил інерції пов'язані зі змінами прискорень, за рахунок яких можливо впливати на гідростатичні тиски. Так, за переміщення системи по вертикалі донизу з прискоренням $a = g$ (вільне падіння) отримаємо значення гідростатичного тиску $P_{г.с.}$:

$$P_{г.с.} = \rho(g - a)h = 0.$$

Це означатиме відсутність $P_{Ар}$ і відсутність відносного переміщення газової фази.

Якщо системі надати прискорення $a > g$, то газова бульбашка змінить напрямок свого переміщення. Реалізація таких умов масообміну або наближених до них можлива за накладання на систему вібраційних коливань. Однак викладена ідея може більше стосуватися окремих аераційних систем. Можливим виконанням такого аератора може бути вертикальна труба з газорідинною сумішшю, якій задається, наприклад, гармонійний коливальний рух за законом:

$$y = A \sin \omega t.$$

Тоді швидкість і прискорення системи визначимо рівняннями:

$$\dot{y} = A\omega \cos \omega t;$$

$$\ddot{y} = -A\omega^2 \sin \omega t, \quad (17)$$

де y — вертикальна координата переміщення системи; \dot{y} та \ddot{y} — похідні перша та друга, відповідно, від координати переміщення; A — амплітуда коливань; ω — власна кругова частота коливань системи:

$$\omega = 2\pi/T,$$

де T — період коливань.

Графічна залежність, що ілюструє закономірності в переміщенні газової фази залежно від прискорень коливань, наведена на рис. 2. Залежно від співвідношень амплітуди $A\omega^2$ і прискорення вільного падіння g зона зворотного переміщення може досягатися або не досягатися.

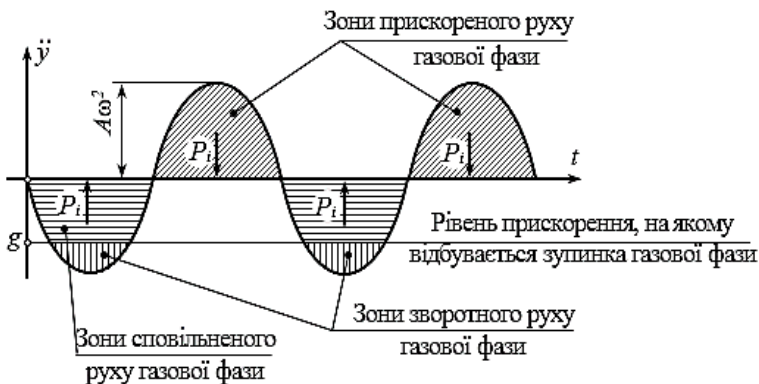


Рис. 2. Графічна залежність щодо характеристики руху газової фази

Із залежності (17) видно, що амплітуда прискорення значною мірою залежить від частоти ω і з точки зору технічних можливостей є цілком досяжною до рівня

прискорення вільного падіння. Проте останнє є не єдиним позитивом наведеної теорії взаємодії фаз у режимах створення потенціальних полів сил інерції.

Створення різних сполук гравітаційного поля і полів сил інерції досягається за організації різних криволінійних потоків. Так, на одиничну масу m , що рухається криволінійною траєкторією з радіусом кривини r (рис. 3), діють сила тяжіння mg і сила інерції

$$F_i = m \frac{w^2}{r},$$

де w — швидкість потоку.

При цьому результуюча двох сил

$$\bar{P}_{\text{рез}} = \bar{m}\bar{g} + \bar{F}_i$$

є змінною за величиною та орієнтацією в просторі.

Повна сукупність силових факторів потребує врахування сил рушійних і сил опору:

$$\bar{P}_{\text{пов}} = \bar{P}_{\text{руш}} + \bar{m}\bar{g} + \bar{F}_i + \bar{F}_{\text{тер}}. \quad (18)$$

Змінні значення $P_{\text{рез}}$ визначають впливи на газову фазу як на рівні змінних тисків, так і на рівні змінних значень архімедових сил.

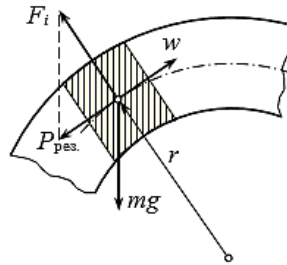


Рис. 3. Схема до оцінки сукупності потенціальних полів сил тяжіння і сил інерції

Співвідношення силових факторів щодо схеми на рис. 3 стосуються орієнтації траєкторії у вертикальній площині. Зміна такої орієнтації дасть інші залежності.

Розглянемо випадок аерації середовища у випадку обертального руху системи в горизонтальній площині. У першому наближенні будемо вважати, що середовище обертається як одне ціле і його кутова швидкість є величиною сталою. Виконаємо оцінку, яка стосується величин архімедових сил для цього випадку. Його розрахункову схему наведено на рис. 4.

Виділимо на радіусі r циліндричну поверхню $I-I$ і встановимо відносно неї сукупність потенціальних полів сил тяжіння і сил інерції. Вибраним координатам положення бульбашки відповідає глибина занурення h , а її об'єму V_6 відповідає архімедова сила, що представлена двома складовими відповідно до принципу суперпозиції:

$$\bar{P}_{\text{Ар.рез}} = \bar{P}_{\text{Ар.г}} + \bar{P}_{\text{Ар.}P_i}. \quad (19)$$

При цьому

$$P_{\text{Ар.г}} = V_6 \rho g; \quad (20)$$

$$P_{\text{Ар.}P_i} = V_6 \rho a^n, \quad (21)$$

де a^n Ч нормальне прискорення середовища, що відповідає циліндричній поверхні $I-I$.

$$a^n = \omega^2 r, \quad (22)$$

де ω — кутова швидкість середовища.

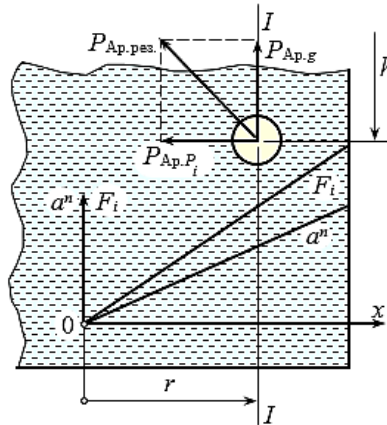


Рис. 4. Розрахункова схема до випадку аерації середовища, що знаходиться в обертовому русі

Нормальне прискорення пропорційне радіусу, а тому на графіку $a^n = a^n(r)$ (рис. 4) маємо лінійну залежність. Це означає, що сила інерції, яка діє на кожен одиничну масу, розташовану в середовищі, також пропорційна радіусу її розташування. Сукупність цих силових дій утворює потенціальне поле сил інерції, величина якого також характеризується лінійною залежністю $F_i = F_i(r)$.

Нагадаємо, що гідростатичний тиск середовища також змінюється за лінійним законом. Очевидно, що такий збіг не випадковий і наслідки дії на бульбашку будуть подібними.

Наслідком наявності змінного гідростатичного тиску є складова $P_{Ap.g}$ і, відповідно, результатом градієнта по силах інерції — складова $P_{Ap.P_i}$. Напрямки векторів $\bar{P}_{Ap.g}$ і $\bar{P}_{Ap.P_i}$ є цілком визначені. Перший з них розташовується по вертикалі, а другий — у радіальному напрямку.

З наведених залежностей видно співвідношення силових факторів, що діють на газову бульбашку:

$$\frac{P_{Ap.g}}{P_{Ap.P_i}} = \frac{V_6 \rho g}{V_6 \rho a^n} = \frac{g}{a^n}. \quad (23)$$

Наявність обертового руху середовища, як бачимо, приводить до генерування додаткової силової дії на газову фазу, результатом якої буде зміщення газового потоку до центра обертання. Ця особливість добре відома, як результат, який знаходить застосування в центрифугах, сепараторах, кларифікаторах. Однак запропонована нова модель у своєму фізичному підґрунті більш глибоко розкриває сутність явища, що надає можливість на цій основі прогнозувати заходи щодо інтенсифікації масообміну.

Проведений аналіз підтверджує доцільність генерування імпульсних впливів у режимах перехідних процесів у формі сил інерції. Останнє можливе наданням прискорень у системах як з лінійними переміщеннями газорідних, рідинних або інших потоків, так і в разі таких переміщень криволінійними траєкторіями.

У патенті України 37914 пропонується генерування сил інерції різних величин здійснювати за рахунок зміни швидкості потоку в циркуляційному контурі. Реалізація цієї ідеї досягається застосуванням дифузора, гофрованого у радіальному напрямку в складі масообмінного апарата. У зв'язку зі змінним поперечним перерізом дифузора висхідний потік має змінну швидкість, що означає наявність додаткових силових навантажень інерційного потенціального поля сил у формі сил інерції в пульсаційних проявах та інтенсифікацією масообмінних процесів одночасно на макро- і мікрорівнях.

Інтенсивні можливості аераційних систем мають перспективи широкого застосування в різних напрямках технологій, зокрема для очищення стічних вод підприємств, риборозвідних господарств, автозаправних станцій, станцій для мийки автотранспорту тощо. Патент України 37915 стосується пристрою для очищення стічних вод, що складається з аеротенка з дифузором, насоса і гідравлічної системи зв'язку, який відрізняється тим, що напірна ділянка гідравлічної системи устаткована масообмінним ежектором з гідрозатвором-забірником повітря та криволінійним трубопроводом зі змінними радіусами й точками перегину кривизни. До числа переваг цієї системи відноситься наявність замкнутого циркуляційного контуру з чотирма ділянками інтенсивних масообмінних процесів: масообмінний ежектор, висхідна і криволінійна ділянки трубопроводу, опускна ділянка трубопроводу з реалізацією режиму, близького до вільного падіння, і внутрішній об'єм дифузора.

Використання аераційного криволінійного трубопроводу зі змінними радіусами і точками перегину кривизни пропонується у патенті України 41918. Важливим аспектом наявності останніх є створення в наближенні до них сил інерції, поперечних до напрямку потоку спрямувань. Таке доповнення потужно впливає на процеси перемішування і масопередачі (рис. 5). Максимальні сили інерції генеруються в точках *B* і *K* з найбільшою кривизною, а в точках *A*, *C*, *E* і *F* у зв'язку зі змінами напрямків P'_i генеруються м'які динамічні удари.

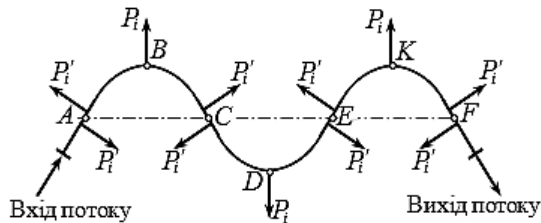


Рис. 5. Схема-ілюстрація наявності і напрямку сил інерції в локальних точках траєкторії потоку

Висновки

Дослідження взаємозв'язків між кінематичними, динамічними й енергетичними параметрами в газорідних середовищах з примусовим введенням потоків газової фази і подальшим її диспергуванням дають змогу стверджувати, що:

1. Метою взаємодії між газовою і рідинною фазами є масопередача, яка досягається за наявності рушійних факторів, створення відповідних енергетичних потенціалів і міжфазної поверхні. В цих процесах можливі дві складові взаємодій. Перша з них стосується створення в системах диспергованої газової фази і узагальнюється макрофізичною формою взаємодій, а друга — у формі мікрофізичних процесів відображує процес масопередачі.

2. Перебіг макро- і мікрофізичних процесів узгоджується з принципами Ле Шательє і підтверджує спрямованість процесів до найбільш імовірних станів.

3. Фактором енергетичного забезпечення газорідинних систем є диспергована газова фаза, кількісний показник якої відповідає газоутримувальній здатності.

4. Гідродинамічний стан газорідинного середовища відображують критеріями гідродинамічної подібності Рейнольдса, Фруда і Ейлера з вказівками на наявність і роль сил тяжіння, тертя та сил інерції. Остання свідчить про наявність перехідних процесів.

5. Взаємозв'язки між газоутримувальною здатністю, параметрами диспергованої газової фази, рушійними факторами та інтенсивністю процесів масопередачі вказують на можливість їх інтенсифікації за рахунок генерування сил інерції.

6. Наведені узагальнення і формалізації доповнені прикладами їх застосування в прикладних розробках.

7. Генерування сил інерції на ділянках потоків з прискореним рухом означає зростання енергетичного потенціалу системи за рахунок рушійного фактора, а ділянки зі сповільненим рухом супроводжуються поверненням енергетичного потенціалу, оскільки тут сили інерції виконують роль рушійних. Роль регулятора в режимах генерування сил інерції може належати газоутримувальній здатності.

Література

1. Шевченко О. Ю. та ін. Особливості трансформацій матеріальних і енергетичних потоків у бродильних середовищах. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23, № 3. С. 107—115.
2. Шевченко О. Ю., Соколенко А. І., Костюк В. С. Генерування енергетичних імпульсів у середовищах бродильних апаратів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23, № 5. Ч. 1. С. 65—71.
3. Степанець О. І. та ін. Гідродинаміка і масообмін у процесах аеробного бродіння. *Харчова промисловість*. 2017. № 22. С. 92—101.
4. Білик О. А. та ін. Енергетичні потенціали газорідинних середовищ. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 24, № 1. С. 107—118.
5. Соколенко А. І. та ін. Динамічні параметри процесів анаеробного бродіння. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 24, № 2. С. 130—138.
6. Stepanets O. and other Hydrodynamic and energy parameters of gas-liquid media. *Food Science and Technology*. 2018. Volume 12, Issue 3. P. 117—123.
7. Костюк В. С. та ін. Інновації в обладнанні для аеробного синтезу мікроорганізмів. *Харчова промисловість*. № 24. 2018. С. 106—117.
8. Соколенко А. І. та ін. Енергетичні потенціали газорідинних середовищ. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24, № 1. 108—118.
9. Koval O. Process parameters of aerobic synthesis of microorganisms: scientific development and achievements. Volume 5. London: SCIENCE, 2018. P. 319—333.
10. Палаш А. А. та ін. Енергетичні імпульси в харчових технологіях. *Наукові праці НУХТ*. 2012. № 47. С. 73—78.
11. Шевченко О. Ю. Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання харчових продуктів: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Київ: НУХТ, 2006. 43 с.

12. Коваль О. В. Удосконалення процесів і модернізація обладнання бродильних виробництв: дис. ... канд. техн. наук. Київ: НУХТ, 2016. 174 с.
13. Піддубний В. А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... докт. техн. наук. Київ: НУХТ, 2007. 421 с.
14. Faridkhou A., Larachi F. (2012). Hydrodynamics of Gas-Liquid Cocurrent Flows in Micropacked Beds-Wall Visualization Study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51 (50), 16495Ч16504.
15. Mandal A. (2010). Characterization of gas-liquid parameters in a down-flow jet loop bubble column/ *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27 (2).

CASEIN FRACTIONS PROTEOLYSIS BY LACTOCOCCUS ENZYMES

V. Yukalo, L. Storozh, G. Semenyshyn

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Key words:

Proteolysis
Casein fractions
Lactococcus
Electrophoresis

Article history:

Received 02.09.2020
Received in revised form
15.09.2020
Accepted 24.09.2020

Corresponding author:

V. Yukalo

E-mail:

biotech@tu.edu.te.ua

ABSTRACT

Enzymes of proteolytic systems of lactic acid bacteria play an important role in the milk proteins proteolysis processes. Moreover, the specificity of the proteolytic action of their cell-envelop proteinases is of great importance for the bioactive peptides formation. Most of the currently known methods used to characterize proteolysis allow to establish the total degree of proteolysis of all milk proteins. Existing methods for determining the sensitivity of individual protein fractions of milk to the action of proteolytic enzymes are often quite complex or time-consuming and cannot be used for mass studies of the specificity of proteolysis of individual protein fractions of milk. Especially this applies to studies of weak proteolytic systems of lactic acid bacterial strains. The aim of the study was to quantitatively characterize the specificity of the lactococcus proteolytic systems action in relation to the main fractions of milk casein complex proteins.

Nine strains of lactic acid lactococcus of the subspecies *Lcc. lactis* ssp. *lactis* (l₇, l₉ and l₁₀), *Lcc. lactis* ssp. *cremoris* (c₄, c₁₀ and c₁₁) and *Lcc. lactis* ssp. *lactis biovar diacetylactis* (d₂, d₅ and d₁₁) were used for the study. Native micellar casein was isolated as a substrate in the system “skim milk—acid polysaccharide—water”. The content of uncleaved casein fractions after the action of cell-envelop lactococcus proteinases was analyzed by express electrophoresis in a homogeneous polyacrylamide gel. According to the results of densitometry of the obtained electrophoregrams, the studied strains were divided into two groups. The first group includes strains l₁₀, d₅, c₄, c₁₀, which better cleave β-casein, which is characteristic for cell-envelop proteinases of the P_I type. The remaining strains mainly cleave κ- and α_{S1}-caseins, because they contain proteinase of the P_{III} type. Thus, the use of quantitative express electrophoresis and micellar casein as a native casein substrate will allow to establish the specificity of cell-envelop proteinases of lactic acid lactococcus.

ПРОТЕОЛІЗ КАЗЕЇНОВИХ ФРАКЦІЙ ЕНЗИМАМИ ЛАКТОКОКІВ

В. Г. Юкало, Л. А. Сторож, Г. М. Семенишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У процесах протеолізу білків молока важливу роль відіграють ензими протеолітичних систем молочнокислих бактерій. Причому для утворення біоактивних пептидів велике значення має специфічність протеолітичної дії їхніх приклітинних протеїназ. Більшість відомих на сьогодні методів, що використовуються для характеристики протеолізу, дають змогу встановити загальний ступінь протеолізу всіх білків молока. Існуючі методи визначення чутливості окремих білкових фракцій молока до дії протеолітичних ензимів часто є досить складними або довготривалими і не можуть бути використані для масових досліджень специфічності протеолізу окремих білкових фракцій молока. Особливо це стосується досліджень слабких протеолітичних систем штамів молочнокислих бактерій.

У статті кількісно охарактеризовано специфічність дії протеолітичних систем лактококів щодо основних фракцій білків казеїнового комплексу молока.

*Для дослідження використано дев'ять штамів молочнокислих лактококів підвидів *Lcc. lactis ssp. lactis* (l_7 , l_9 і l_{10}), *Lcc. lactis ssp. cremoris* (c_4 , c_{10} і c_{11}) і *Lcc. lactis ssp. lactis biovar diacetilactis* (d_2 , d_5 і d_{11}). Як субстрат виділено нативний міцелярний казеїн у системі «знежирене молоко-кислий полісахарид-вода». Вміст нерозщеплених казеїнових фракцій після дії приклітинних протеїназ лактококів проаналізовано експрес-електрофорезом в однорідному поліакриламідному гелі. За результатами денситометрії отриманих електрофореграм досліджувані штами розділено на дві групи. До першої групи віднесено штами l_{10} , d_5 , c_4 , c_{10} , які краще розщеплюють β -казеїн, що характерно для приклітинних протеїназ типу P_I . Решта штамів переважно розщеплюють κ - і α_{S1} -казеїни, оскільки в них наявна протеїназа типу P_{III} . Використання кількісного експрес-електрофорезу та міцелярного казеїну як нативного казеїнового субстрату дасть змогу встановити специфічність приклітинних протеїназ молочнокислих лактококів.*

Ключові слова: протеоліз, казеїнові фракції, лактококи, електрофорез.

Постановка проблеми. Від специфічності протеолізу білків молока, насамперед казеїнових фракцій, залежить формування багатьох показників харчової цінності молочних продуктів. Це стосується реологічних властивостей, процесів ензимної коагуляції молока, утворення компонентів запаху і смаку, утворення широкого спектра природних біологічно активних пептидів. Проте більшість існуючих методів, які використовуються для характеристики протеолізу, дають змогу встановити загальний ступінь протеолізу всіх білків молока. Існуючі методи визначення чутливості окремих білкових фракцій молока до дії протеолітичних ензимів часто є доволі складними або довготривалими. Такі методи не можуть бути використані для масових досліджень специфічності протеолізу білкових фракцій молока. Особливо це стосується досліджень відносно слабких протеолітичних систем різних штамів молочнокислих бактерій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що важливу роль у протеолізі білків молока відіграють три групи протеолітичних ензимів. Це насамперед природні протеази молока, протеази молокозгортальних препаратів та ензими протеолітичних систем молочнокислих бактерій.

Специфічність основних протеаз молока — плазміну і катепсину D добре вивчена. Зокрема, встановлено шляхи утворення γ -казеїнів, компонентів протеозопептонної фракції за участі плазміну [1]. Ензими молокозгортальних препаратів є більш активними протеолітами. Переважно для отримання згустків при виробництві різних видів сирів використовують хімозин, отриманий із сичугів тварин або шляхом рекомбінації. Специфічність дії цього ензиму щодо казеїнових фракцій детально досліджена [2]. Замінники хімозину мікробіологічного або рослинного походження характеризуються більш широкою специфічністю, але в останні роки для згортання молока вони використовуються менше. Іноді виникає проблема встановлення специфічності протеолізу для традиційних молокозгортальних препаратів. До них можна віднести «Глек», який виробляють в українських Карпатах і використовують для виробництва гуцульської бринзи і м'якого сиру «Будз» [3].

Протеолітичні ензими молочнокислих бактерій, які використовуються для виробництва молочних продуктів, загалом характеризуються низькою активністю порівняно з першими двома групами. Проте вони більш мінливі і потребують постійного контролю їх активності та специфічності протеолітичної дії. Сукупність протеаз молочнокислих бактерій об'єднують поняттям «протеолітична система». Вона складається з приклітинних протеїназ і мембранних та внутрішньоклітинних пептидаз. Для утворення біоактивних пептидів велике значення має специфічність протеолітичної дії приклітинних протеїназ. Склад і активність пептидаз важливі для процесів розщеплення гірких пептидів казеїнового походження [4].

Відомо декілька підходів до визначення специфічності дії протеолітичних систем щодо різних фракцій білків молока. Це довготривале інкубування бактерій у знежиреному стерилізованому молоці. При цьому можна отримати не зовсім об'єктивні дані у зв'язку з утворенням комплексів протеїнів сироватки молока і казеїнових міцел під час стерилізації [1]. Також використовують очищені фракції білків молока. Це може призвести до зміни умов протеолізу і втрати нативної структури та складу білків молока при виділенні [5].

Зважаючи на зазначене вище, перспективним може бути використання нативного міцелярного казеїну, а також кількісного електрофорезу [6]. Такий підхід, на нашу думку, дасть змогу оперативної й об'єктивної встановити специфічність протеолітичних систем щодо білкових фракцій молока.

Мета дослідження: кількісно охарактеризувати специфічність дії протеолітичних систем лактококів щодо основних фракцій білків казеїнового комплексу молока.

Матеріали і методи. Дослідження проводили з використанням дев'яти штампів молочнокислих лактококів підвидів *Lcc. lactis* ssp. *lactis* (l₇, l₉ і l₁₀), *Lcc. lactis* ssp. *cremoris* (c₄, c₁₀ і c₁₁) і біовару *Lcc. lactis* ssp. *lactis* *biovar diacetilactis* (d₂, d₅ і d₁₁), які зберігаються на кафедрі харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя. Штами були отримані з Литовського харчового інституту (м. Каунас). Штами пересівали в знежирене стерилізоване молоко. Між пересівами зберігали

при 4°C. Титровану кислотність під час розвитку лактококів визначали загально-прийнятими методами і виражали в градусах Тернера (°Т). Протеолітичну активність лактококів визначали за модифікованим методом М. В. Залашка.

Загальний казеїн виділяли зі знежиреного молока осадженням в ізоелектричній точці (рН 4,6). Нативний міцелярний казеїн виділяли в системі «знежирене молоко-кислий полісахарид-вода» [7]. Вміст казеїнових фракцій аналізували експрес-електрофорезом в однорідному поліакриламідному гелі (ПАГ), як описано у [6]. Денситограми будували за методом [8].

Концентрацію казеїну визначали на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі $\lambda=280$ нм. При цьому використовували коефіцієнт поглинання $D_{1\text{см}}^{1\%} = 8,2$.

Результати і обговорення. У дослідженнях були використані протеїназо-позитивні штами лактококів. Відбір протеїназо-позитивних штамів проводили на основі їхнього росту у стерильному знежиреному молоці при 30°C протягом 12 годин. Потім в живильному середовищі визначали концентрацію пептидів і амінокислот після осадження протеїнів 10-процентною трихлороцтовою кислотою. До протеїназо-позитивних відносили штами, якщо концентрація пептидів і амінокислот збільшувалася порівняно з контролем. У випадку протеїназо-негативних штамів концентрація їх зменшувалася у зв'язку з використанням клітинами лактококів для росту.

Відібрані дев'ять штамів протеїназо-позитивних лактококів були протестовані на здатність утворювати молочну кислоту. Ця характеристика тісно пов'язана із протеолітичною активністю штамів. Всі штами можна віднести до хороших кислотоутворювачів (табл. 1).

Таблиця 1. Кислотоутворювальна і протеолітична активність лактококів у процесі культивування в знежиреному молоці ($M \pm m$, $n=3$)

Штами протеїназо-позитивних лактококів	Кислотоутворювальна (°Т) і протеолітична (мг%) активність штамів лактококів					
	24 години		48 годин		168 годин	
	°Т	мг%	°Т	мг%	°Т	мг%
<i>Lcc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i>						
l ₇	92±5	0,3±0,02	102±6	7,5±0,5	111±6	11,2±0,7
l ₉	67±4	0,49±0,03	74±4	1,7±0,2	97±5	3,25±0,4
l ₁₀	64±4	0,55±0,03	83±4	1,2±0,1	112±6	2,1±0,2
<i>Lcc. lactis</i> biovar <i>diacetilactis</i>						
d ₂	56±3	0,27±0,02	77±4	1,9±0,2	98±5	3,1±0,3
d ₅	60±4	0,14±0,01	76±4	1,8±0,2	97±5	2,7±0,3
d ₁₁	83±5	1,3±0,1	90±5	1,6±0,2	104±6	4,1±0,4
<i>Lcc. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>						
c ₄	62±4	2,5±0,3	85±4	2,7±0,3	95±5	3,5±0,3
c ₁₀	57±3	1,3±0,1	81±4	1,6±0,2	92±5	3,7±0,3
c ₁₁	96±5	3,9±0,4	107±6	4,5±0,4	110±6	9,0±0,6

Також у всіх штамів була визначена загальна протеолітична активність протягом 24, 48 і 168 год культивування в знежиреному молоці (табл. 1). За класифікацією М. В. Залашка два штами (l₇ і c₁₁) можна віднести до сильних протеолітів, п'ять штамів (l₉, d₂, d₁₁, c₄ і c₁₀) — до середніх протеолітів і два — до слабких (l₁₀ і d₅). Отримані результати також свідчать про те, що сильні протеоліти є також найсильнішими кислотоутворювачами (l₇ і c₁₁), хоча прямого зв'язку між кислотоутворенням і загальною протеолітичною активністю немає. Так,

слабкий протеоліт (штам I₁₀) показав найвищу кислотоутворювальну активність серед цих відібраних штамів. Літературні дані теж свідчать про відсутність прямої залежності між цими показниками [4].

Для встановлення специфічності дії приклітинних протеїназ штамів лактококів було вибрано як субстрат нативний міцелярний казеїн, отриманий зі свіжого знежиреного молока при розшаруванні системи «білок-кислий полісахарид-вода», як описано у [7]. Цей казеїн характеризується природним співвідношенням основних казеїнових фракцій, а також просторовою будовою казеїнових міцел, яка близька до нативних міцел у молоці.

Для проведення аналізу вмісту нерозщеплених казеїнових фракцій після дії приклітинних протеїназ лактококів було вибрано експрес-електрофорез у пластинках ПАГ. Цей метод дає змогу надійно кількісно ідентифікувати основні казеїнові фракції (α_{S1} -CN, α_{S2} -CN, β -CN і κ -CN), які відрізняються первинною структурою [6]. Саме первинна структура казеїнових фракцій є визначальною для утворення певних БАП, а також компонентів запаху і смаку [1]. Денситограма електрофореграми міцелярного казеїну, отриманої за допомогою експрес-електрофорезу, показана на рис.

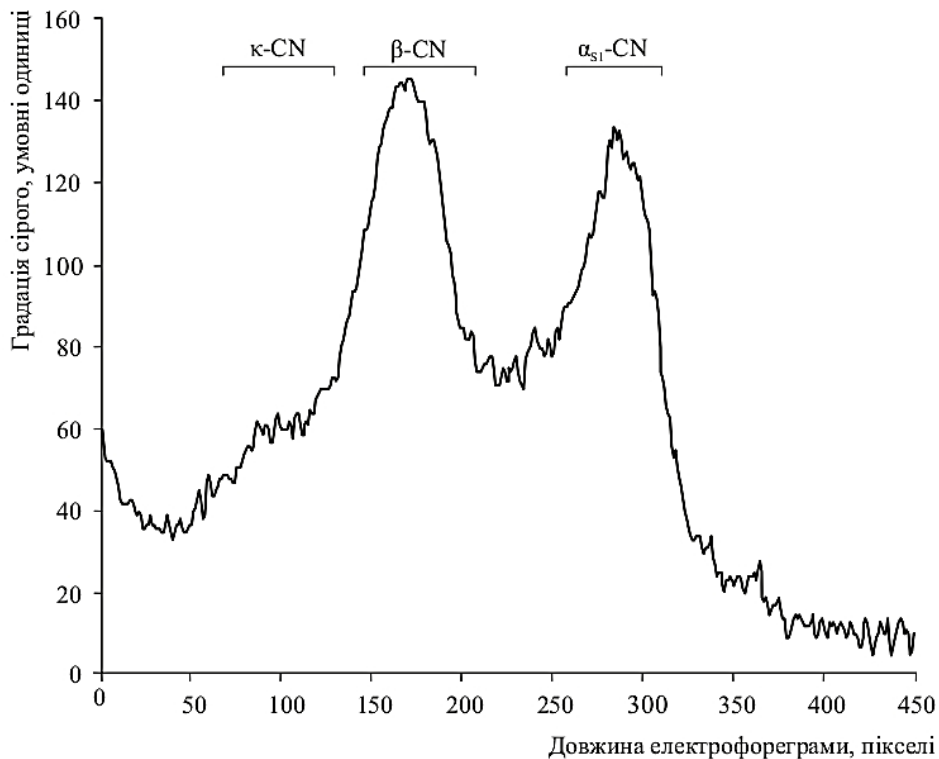


Рис. Денситограма загального казеїну, отримана експрес-електрофорезом в однорідній системі ПАГ

Протеоліз 2-процентного субстрату проводили при 30°C протягом трьох годин концентратом клітин лактококів кожного штаму, як описано раніше [9]. Вирощені таким чином клітини зберігають природний склад протеолітичних

систем і, насамперед, приклітинних протеїназ. Після інкубації клітини відділяли центрифугуванням. Потім ізоелектрично осаджували нерозщеплений казеїн і осад аналізували експрес-електрофорезом. Результати кількісної обробки денситограм представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Ступінь розщеплення казеїнових фракцій за результатами денситометрії електрофореграм розчину казеїну після культивування з клітинами лактококів ($M \pm m$, $n=3$)

Штами протеїназо-позитивних лактококів	Кількість нерозщеплених казеїнових фракцій, %		
	α_{S1} -CN	β -CN	κ -CN
<i>Lcc. lactis</i> ssp. <i>lactis</i>			
l ₇	71±4	92±3	57±5
l ₉	75±3	95±2	49±5
l ₁₀	93±2	66±4	79±3
<i>Lcc. lactis</i> biovar <i>diacetilactis</i>			
d ₂	91±3	71±4	83±3
d ₅	77±3	93±2	49±6
d ₁₁	75±4	90±2	55±5
<i>Lcc. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>			
c ₄	89±3	68±5	89±3
c ₁₀	94±2	70±4	86±3
c ₁₁	79±4	93±2	59±5

Отримані результати дають змогу умовно розділити всі штами лактококів на дві групи. У першу групу входять штами, які більшою мірою розщеплюють β -казеїн — l₁₀, d₅, c₄, c₁₀. Така специфічність характерна для приклітинних протеїназ типу P_I [4]. Протеїнази інших штамів переважно розщеплюють κ - і α_{S1} -казеїни. У цих штамів наявна протеїназа типу P_{III}. Необхідно також зазначити, що у всіх випадках найчутливішою фракцією до дії приклітинних протеїназ є κ -казеїн. Можливо, це пов'язано з тим, що відповідно до більшості моделей казеїнових міцел він розміщений на їхній поверхні [1].

Висновок

Використання кількісного експрес-електрофорезу та міцелярного казеїну як нативного казеїнового субстрату дає змогу встановити специфічність приклітинних протеїназ молочнокислих лактококів. Це було підтверджено на дев'яти штаммах двох підвидів (*Lcc. lactis* ssp. *lactis* і *Lcc. lactis* ssp. *cremoris*) та одного біовару (*Lcc. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetilactis*).

Література

1. Fox P. F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P. L. H., O'Mahony J. A. Dairy Chemistry and Biochemistry (Second Edition). New York: Springer, 2015. 585 p. doi: 10.1007/978-3-319-14892-2.
2. Бородай С. В., Бондарчук З. В. Дія ензимних молокозсідальних препаратів на протеїновий комплекс молока. *Biotechnologia Acta*. 2010. Т. 3, № 4. С. 29—36.
3. Iukalo A. V. Milk-coagulation and proteolytic activity of «Glek» carpathian enzyme preparation. *Biotechnologia Acta*. 2015. Vol. 8, № 2. P. 91—95. doi: 10.15407/biotech8.02.091.
4. Yukalo V. G., Krupa O. M. The proteolytic systems of lactic acid microorganisms: a review. *Ukrainian Food Journal*. 2017. Vol. 6, Is. 3. P. 417—432. doi: 10.24263/2304-974X-2017-6-3-3.

5. Юкало А. В., Цісарик О. Й. Специфічність дії приклітинних протеїназ лактококів по відношенню до казеїнових фракцій. *Біологія тварин*. 2015. Т. 17, № 3. С. 139—144.
6. Iukalo A. V. Identification of protein fractions of milk cows casein complex. *Ukr. Biochem. J.* 2015. Vol. 87, № 4. P. 87—91. doi: 10.15407/ubj87.04.087.
7. Юкало В. Г., Сторож Л. А., Барська Н. М. Характеристика міцел казеїну, виділених у системі «вода-білки-кислий полісахарид». *Наукові праці НУХТ*. 2008. № 24. С. 63—65.
8. Юкало В. Г., Яворський Б. І., Сторож Л. А., Соловдзінська І. Є. Кількісний електрофоретичний аналіз білків казеїнового комплексу. *Біологія тварин*. 2007. Т. 9, № 1—2. С. 295—298.
9. Yukalo V. G. Casokinines creation during model proteolysis of α_{S1} -casein by protease positive strains of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska*. 2004. V. 16. P. 70—73.

DETERMINATION OF CALCIUM IONS IN WINE

V. Ischenko, A. Ohmakevich

National University of Food Technologies

M. Ischenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv

T. Panchuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key words:

Wine

Calcium

Ion-selective electrode

Article history:

Received 16.09.2020

Received in revised form
30.09.2020

Accepted 13.10.2020

Corresponding author:

V. Ischenko

E-mail:

ischenko_vn@ukr.net

ABSTRACT

The article discusses the chemical composition of wines and describes the factors that affect their composition. Mineral substances of wine, in particular, metal elements and sources of their receipt in wine materials were considered in detail. Data on the quantitative content of metallic elements in wines, influencing on wine properties, were given and methods for determining metals in wines, in particular, the method of atomic absorption spectroscopy, recommended by the International Organization of Grapes and Wines, were described. At the same time, it was noted that some perspective method for determining the content of the metal ions in wines is the use of ion-selective electrodes.

The content of ionic Calcium in dry red wine samples mainly obtained from Cabernet Sauvignon grapes was determined. The wine differed in origin, in particular, wine samples were from different regions of Ukraine, as well as from Italy, Moldova and Georgia and home-made wine, which, unlike brands, did not contain sulfur dioxide as a preservative. Calcium and active acidity (pH) were determined with a pH meter / ionometer pH-150MI (Republic of Belarus). The electrochemical cell consisted of an ion-selective electrode Elice-121Ca (Russian Federation) and a saturated silver chloride reference electrode. The method of determination was described and the obtained results were given. It was found that the Calcium content in the studied wines ranges from $1.34 \cdot 10^{-3}$ to $3.75 \cdot 10^{-3}$ mol/l (53.6 and 150 mg/l, respectively). The lowest content of Calcium was found in home-made wine, the highest — in blended wine. The measured values of ionic calcium in different wine samples almost do not depend on their geographical origin, but are determined by the technology and grape variety. The linear dependence of the Calcium content on the active acidity of wine samples was shown.

ВИЗНАЧЕННЯ ЙОННОГО КАЛЬЦІЮ У ВИНІ

В. М. Іщенко, А. М. Охмакевич

Національний університет харчових технологій

М. В. Іщенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Т. К. Панчук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У статті проаналізовано хімічний склад вин та охарактеризовано фактори, які впливають на їхній склад. Детально розглянуто мінеральні речовини вина, зокрема металічні елементи та джерела їх надходження у виноматеріали. Наведено дані щодо кількісного вмісту металічних елементів у винах із зазначенням їхнього впливу на властивості вина й охарактеризовано методики визначення металів у винах, зокрема метод атомно-абсорбційної спектроскопії, який рекомендовано Міжнародною організацією винограду і вина для визначення вмісту металічних елементів. Водночас зазначено, що перспективним методом визначення вмісту йонної форми металів у винах є використання йонселективних електродів.

Визначено вміст йонного Кальцію у зразках червоного сухого вина, переважно одержаного із винограду сорту «Каберне Совіньйон». Вино відрізнялось за походженням (різні регіони України, вина Італії, Молдови та Грузії і вино, виготовлене в домашніх умовах, яке на відміну від торговельних марок не містило сульфур діоксиду як консерванту). Кальцій та активну кислотність (рН) визначено на рН-метрі/іонометрі марки рН-150МІ (Республіка Білорусь). Електрохімічна комірка складалась з йонселективного електроду Еліс-121 Са (Російська Федерація) та насиченого хлорид-срібного електроду. Описано методику визначення та наведено одержані результати. Встановлено, що вміст Кальцію в досліджуваних винах знаходиться в межах від $1,34 \cdot 10^{-3}$ до $3,75 \cdot 10^{-3}$ моль/л (відповідно 53,6 та 150 мг/л). Найнижчим вміст Кальцію був у вині, виготовленому в домашніх умовах, найвищим — у купажному вині. Виміряні значення йонного Кальцію в різних зразках вин майже не залежать від їхнього географічного походження, а визначаються технологією та сортом винограду. Показано лінійну залежність вмісту Кальцію від активної кислотності зразків вина.

Ключові слова: вино, Кальцій, йонселективний електрод.

Постановка проблеми. «*In vino veritas*» — відома фраза з латини, що означає «істина у вині». Дійсно, цей напій відігравав та продовжує відігравати важливу роль у різних культурних, суспільних і релігійних заходах. Як відзначають автори [1], «вино — вираження культури людства. За більш ніж 8000-річну історію цей напій виявив себе як найбагородніший продукт сучасної цивілізації... З перших записів про людські справи вино — це складова частина кожної події».

На базовому рівні вино являє собою суміш близько тисячі різних речовин. Їх можна класифікувати таким чином:

1. Сполуки, які надходять у вино з винограду (вода, зв'язані кислоти, цукри, феноли, пектини, нітрогеновмісні сполуки, мінеральні сполуки, клейкі речовини, ферменти, ароматичні сполуки, вітаміни).

2. Сполуки, що утворюються у процесі спиртового бродіння (етанол, вищі спирти, багатоатомні спирти, зв'язані та вільні кислоти, кетони, альдегіди, етери та вуглекислий газ).

3. Сполуки, які додають до вина у процесі ферментації (сульфур діоксид, компоненти спеціальних вин), та сполуки, що утворюються під час дозрівання вина в результаті інших, ніж спиртове бродіння, процесів (органічні кислоти — продукти яблучно-молочнокислого та оцтовокислого бродіння).

Вміст та концентрація цих речовин обумовлюються такими факторами, як сорт винограду, географічне походження сировини та погоди, яка була у відповідний сезон, агротехнічних умов, технологічними особливостями виробництва, включаючи те, як зберігали пляшки з напоєм. В останні роки у виноробстві постала велика проблема наявності на ринку збуту фальсифікованих вин [2]. Не завжди вміст пляшки відповідає етикетці на ній. Для оцінки якості й автентичності вина використовують різні хімічні та фізико-хімічні методи аналізу. Проте, навіть провівши повний лабораторний аналіз продукту, не завжди можна зробити висновок про його відповідність еталону. Наразі перед хіміками стоїть завдання набрати великий масив даних аналізу харчового продукту різними методами. Тільки маючи великий набір різнопланових експериментальних даних, можна обрати найбільш важливі показники для визначення таких характеристик, як географічне походження, сорт, вміст різних компонентів і домішок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переважна більшість публікацій присвячена визначенню органічних складових вина [3]. Водночас мінеральним складовим приділяється значно менше уваги, хоча, як відмічають автори зазначеної монографії, визначення вмісту металів у вині із подальшою хемометричною обробкою даних дає змогу надійно встановити географічне походження напою, тобто його автентичність.

Джерела металів у вині різноманітні і залежать від ґрунтів та сорту винограду, спреїв, якими обробляють виноградну лозу, екзогенних забруднювачів (наприклад, Плюмбум), антиоксидантних добавок, виноробного обладнання тощо. Метали наявні у вині в органічній (зв'язаній у комплекси) і неорганічній (йонній) формах. У табл. 1 представлені дані про вміст металічних елементів у винах із зазначенням їхнього впливу на властивості вина.

Таблиця 1. Ступені окиснення, орієнтовні діапазони концентрацій і вплив на властивості вина металів, що переважають у вині, [3]

Метал	Ступінь окиснення	Область концентрацій (мг/дм ³)	Вплив на властивості вина
1	2	3	4
Al	+3	НВ*—14	Утворення помутніння, вплив на поліфенольний комплекс, смак
Ca	+2	7—310	Утворення осаду при зміні рН

1	2	3	4
Cu	+2,+1	НВ*—3	Участь у процесах окиснення, утворення помутніння, зв'язування сполук Сульфуру, вплив на поліфенольний комплекс, смак
Fe	+2,+3	0,06—55	Участь у процесах окиснення, утворення помутніння, вплив на поліфенольний комплекс
K	+1	125—3060	Утворення осаду при зміні рН, зменшення титрованої кислотності
Mg	+2	8—720	Утворення помутніння, вплив на поліфенольний комплекс
Mn	+2,+3,+4,+6,+7	0,1—6	Участь у процесах окиснення
Na	+1	НВ*—320	Смак
Pb	+2,+4	НВ*—1,25	Потенційні наслідки для здоров'я
Zn	+2	НВ*—9	Утворення помутніння, смак

Примітка: НВ* — мінімальна концентрація не визначена.

Офіційно визнані методи визначення концентрації металічних елементів у вині, рекомендовані Міжнародною організацією винограду і вина, засновані на методі атомно-абсорбційної спектроскопії, адже цей метод характеризується хорошою селективністю, високою чутливістю, а також не потребує складної пробопідготовки. Полуменева атомно-абсорбційна спектрометрія (ПААС), електротермічна атомно-абсорбційна спектрометрія (ЕААС), атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) широко використовуються для визначення металів у кількостях від мікрограм на літр до міліграм на літр.

У методах атомної спектроскопії, як правило, перешкоди, викликані органічними сполуками, усуваються шляхом використання високих температур атомізації. Задовільні результати з використання методів ПААС та ЕААС були одержані в працях [4—6].

Наразі в кількісному хімічному аналізі визначення йонів металів у харчовій продукції все частіше починають використовувати йонселективні електроди [7]. Метод значно простіший і дешевший порівняно з атомною абсорбцією, дає змогу визначити концентрацію його йонної форми або загальну концентрацію після відповідної пробопідготовки. Крім того, на відміну від інших електродів, йонселективні електроди, як правило, не «отруюються» білками, тому ідеально підходять для використання в біологічних середовищах. Літературних даних про використання Са-йонселективного електроду для визначення Кальцію у вині не знайдено

Метою дослідження є йонселективне визначення вмісту Кальцію у червоних винах і вивчення впливу таких факторів, як географічне положення, технологія сульфитування та кислотність виноматеріалів на вміст Кальцію.

Викладення основних результатів дослідження. Об'єктом досліджень були зразки червоного сухого вина, переважно одержаного із винограду сорту «Каберне Совіньйон». Вино відрізнялось за походженням (з різних регіонів

України, вина Італії, Молдови та Грузії). Вина були придбані в супермаркетах м. Києва і, зокрема, містили інформацію про вміст в них сульфур(IV) оксиду як антиоксиданту. Для аналізу також було обране вино, виготовлене в домашніх умовах із винограду сорту «Каберне Совіньйон». Кальцій визначали на рН-метрі/іонометрі марки рН-150МІ (Республіка Білорусь). Електрохімічна комірка складалась з йонселективного електроду Еліс-121 Са (Російська Федерація) та 3,0М хлорид-срібного електроду порівняння.

Розчин CaCl_2 для калібрування електроду з концентрацією $0,1 \text{ моль/дм}^3$ готували таким чином: в колбі ємністю 500 см^3 розчиняли $2,503 \text{ г CaCO}_3$ в 180 мл дистильованої води, додавали 50 см^3 хлоридної кислоти з концентрацією 1 моль/дм^3 . Розчин кількісно переносили в мірну колбу ємністю 250 см^3 . Доводили до мітки водою, ретельно перемішували. Калібрувальні розчини CaCl_2 з концентраціями $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$ готували розбавленням розчину з початковою концентрацією $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Для приготування буферу для підтримання йонної сили в стакані ємністю 500 см^3 розчиняли $37,28 \text{ г}$ калій хлориду кваліфікації «х. ч.» в 200 см^3 дистильованої води. Розчин кількісно переносили в мірну колбу ємністю 500 см^3 . Доводили до мітки водою, ретельно перемішували.

Визначення вмісту йонного Кальцію у зразках проводили таким чином: у стакан вносили 5 мл вина та 1 мл буфера для підтримання сталої йонної сили. Ретельно перемішували і вимірювали потенціал комірки. Для побудови градуєвального графіка готували серію розчинів. У чотири стакани вносили по 20 мл розчинів CaCl_2 з концентраціями $1 \cdot 10^{-1}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$ і $1 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$. Після чого додавали 4 мл буфера для підтримання сталої йонної сили. Ретельно перемішували й вимірювали потенціал комірки; крутизна електродної функції становила $29,0 \text{ мВ/рС}$ ($98,3\%$ від теоретичної). Концентрацію кальцію визначали методом добавок, обчислення проводили за формулами наведеними у [8]. рН зразків вимірювали на рН-метрі/іонометрі марки рН-150МІ. Одержані результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Результати визначення йонного Кальцію і рН у різних зразках вин

№ зразка	Сорт винограду	Географічне походження	Технологія (сульфітування)	С (Ca^{2+}), $10^{-3} \text{ моль/дм}^3$	рН зразків
1	«Каберне Совіньйон»	Україна, Одеса	+	2,29	3,48
2	«Каберне Совіньйон»	Молдова	+	2,29	3,41
3	«Каберне Совіньйон»	Грузія	+	1,88	3,57
4	«Каберне Совіньйон»	Італія	+	2,85	3,38
5	Купаж: «Каберне, Мерло»	Україна, Херсонська область	+	3,75	3,04
6	«Каберне Совіньйон»	Україна, Черкаська область	Домашнє, без сульфитування	1,34	3,61

Як видно з наведених даних, вміст Кальцію був найнижчим у вині, виготовленому в домашніх умовах, найвищим — у купажному вині, тобто вплив на вміст

Кальцію має технологія виготовлення та сорт винограду. Водночас географічне походження майже не впливає на вміст Кальцію. Також спостерігалась кореляція між вмістом Кальцію та кислотності зразків (рис.), що може бути пояснено впливом рН на рівноваги утворення комплексних сполук Кальцію з компонентами матриці вина.

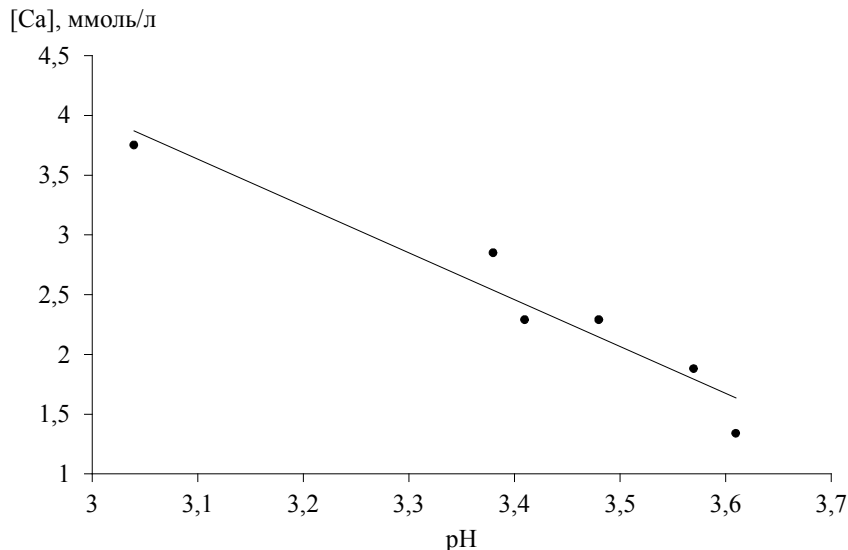


Рис. Залежність концентрації Кальцію у різних винах від рН ($R^2 = 0,928$)

Висновки

Як показали дослідження, використана йонселективна методика визначення Кальцію у вині придатна для поставлених цілей. Виміряні значення йонного Кальцію в різних зразках вин майже не залежать від їхнього географічного походження, а визначається сортом винограду й технологією виготовлення напою. Вміст Кальцію знаходиться в межах від 53,6 та 150 мг/дм³. Показана лінійна залежність вмісту Кальцію від активної кислотності зразків, тому для проведення надійного розділення зразків вин за їхнім географічним положенням потрібне застосувати інші аналітичні методи.

Література

1. Кічура Д. Б., Никулишин І. Є., Дзіняк Б. О. Сучасний погляд на технохімічний контроль продукції виноробства. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2019. Том 2. № 2. С. 85—90.
2. Горюшкіна Т. Б., Дзядевич С. В. Виноградні вина. Хімічний склад та методи визначення. *Біотехнологія*. 2008. Т. 1. № 2. С. 24—38.
3. Andrew L. Waterhouse, Gavin L. Sacks, David W. Jeffery. *Understanding Wine Chemistry*. John Wiley & Sons Ltd, 2016. 464 p.
4. Ajtony Z., Szoboszlai N., Suskó E. Direct sample introduction of wines in graphite furnace atomic absorption spectrometry for the simultaneous determination of arsenic, cadmium, copper and lead content. *Talanta*. 2008. Vol. 76. P. 627—634.

5. Šelih V. S., Šala M., Drgan V. Multi-element analysis of wines by ICP-MS and ICP-OES and their classification according to geographical origin in Slovenia. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 153. P. 414—423.

6. Aceto M., Abollino O., Bruzzone M. Determination of metals in wine with atomic spectroscopy (flame-AAS, GF-AAS and ICP-AES); a review. *Food Add Contam.* 2002. № 19. P. 126—133.

7. *Electroanalytical chemistry : principles, best practices, and case studies* / Gary A. Mabbott, First edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2020.

8. Кристиан Г. Аналитическая химия: в двух томах. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013, Т. 1. 623 с.

TECHNOLOGICAL AND APPARATUS IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESSES OF BLENDED FRUIT AND BERRY SEMI-FINISHED PRODUCTS

V. Mykhaylov, O. Zagorulko, A. Zahorulko, K. Kasabova
Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Technological and
apparatus improvement
Equipment
Heat treatment
Fruit and berry raw
materials
Semi-finished products*

Article history:

Received 11.09.2020
Received in revised form
24.09.2020
Accepted 02.10.2020

Corresponding author:

O. Zagorulko
E-mail:
panamari73@gmail.com

ABSTRACT

The main task of the food industry is the full provision of consumer cooperatives with qualitative food, one of the main sources for the production of which is fruit and berry raw materials. The search for innovative measures to intensify the heat-mass exchange production processes of qualitative products is necessary to solve this problem.

The goal of this work was to justify technological and apparatus improvement of the production processes of products on the basis of blended concentrated fruit and berry and dried products. The realization of this goal will allow to expand the range of foodstuff with balanced content of biologically-active substances and other physiologically-functional ingredients.

The technological production process of blended functional concentrated fruit and berry and dried products has been developed, namely apple-based — 50%; dogwood-based — 40%; hawthorn-based — 10%. This technology is different using gentle temperature modes during primary and main heat treatment, which were done on the developed and improved equipment (totaly — 4 units), with the use of radiating flexible film resistive electric heater. Steam blanching and keeping in NaCl solution processes were done in a multifunctional all-purpose apparatus. The puree is heated to 30...50°C by scraper heat exchanger. Concentration processes to dry matter content of 28...30% at a temperature of 50...60°C for 0.6...0.85 min and further drying at a temperature of 45...60°C to a moisture of 6...8% of DM were implemented in a rotary film apparatus and rolled IR dryer, respectively.

The line for production of blended concentrated fruit and berry and dried product using the developed equipment was chosen. The line can be located in places of growth of fruit and berry raw materials, which will significantly reduce the cost of transportation, storage of raw materials and will ensure its resource efficiency.

ТЕХНОЛОГІЧНО-АПАРАТУРНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КУПАЖОВАНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

В. М. Михайлов, О. Є. Загорулько, А. М. Загорулько, К. Р. Касабова
Харківський державний університет харчування та торгівлі

Головним завданням харчової індустрії є повноцінне забезпечення споживачів якісними продуктами харчування, одним з основних джерел для виробництва яких є плодово-ягідна сировина. Вирішення цього завдання потребує пошуку інноваційних заходів з інтенсифікації тепломасообмінних процесів виробництва якісних виробів.

У статті обґрунтовано технологічно-апаратурне вдосконалення процесів виробництва купажованих плодово-ягідних напівфабрикатів, що дасть змогу розширити асортимент харчових продуктів з балансованим вмістом біологічно-активних речовин та інших фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

Розроблено технологічний процес виробництва купажованих плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів на такій основі: яблуко — 50%; кизил — 40%; глід — 10%. Технологія відрізняється використанням щадних температурних режимів під час попередньої та основної теплової обробки, які відбуваються на розробленому й удосконаленому обладнанні (всього — 4 од.) із застосуванням для нагрівання гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінювального типу. Процеси бланшування паром та витримання в розчині NaCl відбуваються в розробленому універсальному багатофункціональному апараті. Підігрів пюре до 30...50°C здійснюються скребковим теплообмінником. Процеси концентрування до вмісту сухих речовин 28...30% за температури 50...60°C протягом 0,6...0,85 хв та подальшого сушіння за температури 45...60°C до вологості 6...8% СР реалізуються в роторному плівковому апараті та вальцьовій ІЧ-сушарці відповідно.

Підібрано комплект лінії з виробництва купажованих плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів з використання розробленого обладнання. Лінія може розташовуватися в місцях зростання плодово-ягідної сировини, що суттєво зменшить витрати на транспортування, зберігання сировини та забезпечить її ресурсоефективність.

Ключові слова: технологічно-апаратурне вдосконалення, обладнання, тепла обробка, плодово-ягідна сировина, напівфабрикати.

Постановка проблеми. Одним із головних завдань харчової промисловості є виробництво напівфабрикатів рослинного походження, необхідних для підвищення активності захисних сил організму та нормальної життєдіяльності людини. Адже саме рослинна сировина містить значну кількість вітамінів, мінеральних і пектинових речовин, фітонцидів тощо. Зростання попиту на споживання високоякісної плодово-ягідної та овочевої сировини обумовлює доцільність пошуку інноваційних підходів з інтенсифікації технологічних тепломасообмінних процесів та обладнання для реалізації [1]. Виробництво продуктів харчування з такої сировини потребує особливого підходу до неї одразу ж після збирання в зрілому

стані. Недотримання технологічних режимів, починаючи з перевезення та закінчуючи реалізацією кінцевої продукції, призведе до неминучої втрати корисних природних властивостей [2]. Від конструктивно-технологічних особливостей тепломасообмінних процесів залежить подальша харчова цінність отримуваної продукції.

До найбільш поширених тепломасообмінних процесів із переробки природної органічної сировини належать: витримування, підсушування, бланшування, уварювання, розварювання, настоювання, перемішування, розчинення та частково екстрагування. Кожна зазначена операція є особливою з точки зору її реалізації. У більшості випадків вона потребує використання високопродуктивного та металоемного обладнання. Проте інколи таке обладнання нездатне забезпечити високу якість отримуваної продукції та потребує складних інженерно-технічних комунікацій. Все це обумовлює необхідність пошуку способів створення ресурсоефективного обладнання для переробки рослинної сировини.

Тож актуальним завданням є удосконалення конструктивних рішень сучасних енерго- та ресурсозберігаючих апаратів для проведення тепломасообмінних процесів при переробці рослинної сировини. Це, у свою чергу, забезпечить конкурентоспроможність отримуваної високоякісної продукції, зменшить витрати сировини на виробництво та значною мірою забезпечить розширення асортименту продукції органічного походження в різноманітних продуктах харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним завданням харчової індустрії є повноцінне забезпечення населення якісними продуктами харчування, одним з основних джерел для виробництва яких є плодово-ягідна та овочева сировина. Окрім того, спостерігається щоденне зростання попиту на високоякісні вироби природного походження. Рішення цього завдання потребує пошуку інноваційних заходів з інтенсифікації тепломасообмінних процесів виробництва якісних виробів.

Більшість наявних технологічно-апаратурних рішень орієнтовані на великі обсяги переробки сировини та розташовуються на гігантських виробництвах, створюючи необхідність зберігання й транспортування сировини для перероблення. При цьому більшість тепломасообмінного обладнання морально застаріло та вичерпало свою ремонтоздатність. Для роботи теплового обладнання, як правило, досі застосовують парогенератори, що призводить до складності стабілізації температурного впливу на сировину, штучно збільшуючи металоемність всієї лінії зі складністю експлуатації [3].

Проектування мобільних ліній переробки плодово-ягідної сировини безпосередньо в місцях її зростання зменшить транспортні витрати, спростить умови експлуатації та підвищить конкурентоспроможність таких підприємств. Для впровадження таких мініліній потрібно розробка й удосконалення тепломасообмінного обладнання на базі ресурсоефективних нагрівачів та створення відповідних умов для виробництва високоякісних багатофункціональних купажованих плодово-ягідних виробів [4].

Виробництво з плодовоовочевої сировини багатокомпонентних пастоподібних і порошкоподібних напівфабрикатів дає змогу рівномірно протягом року забезпечувати населення цією продукцією та створювати резерви. Напівфабрикати у формі паст та порошку є незамінними натуральними збагачувачами різними біологічно активними речовинами, структуроутворювачами та поліпшувачами кольору харчових продуктів [5].

Основною стадією виробництва паст є концентрування відповідних пюре до досягнення масової частки сухих речовин 25...40% [6]. І саме під час концентрування, тривалість якого в більшості випарних апаратах може займати від 100 до 400 хв, відбуваються значні втрати біологічно активних речовин. Тому велике значення для підприємств харчової промисловості має розробка та впровадження ефективного обладнання, використання якого забезпечить виробництво високоякісних пастоподібних напівфабрикатів за рахунок використання щадних температурних режимів та скорочення тривалості технологічного процесу [7].

Поряд з пастоподібними напівфабрикатами зростає попит і на порошкоподібні, технологія виробництва яких є дуже схожою. Після концентрування одержана паста надходить на подальше досушування до низької кінцевої вологості, потім подрібнення до одержання порошку і розфасовування в герметичну тару [8; 9].

Існуючі способи сушіння мають один важливий недолік — отримання порошку відбувається за умов використання високих температур, що спричиняє втрати хімічного складу вихідної сировини та її харчової і біологічної цінності. Тому виникає потреба в впровадженні нових способів та обладнання, використання яких забезпечить виробництво високоякісних порошкоподібних напівфабрикатів з мінімальними витратами ресурсів [10].

Аналіз наведених матеріалів дає змогу спрямувати дослідження в напрямку удосконалення процесів виробництва оздоровчих харчових продуктів шляхом зниження температури концентрування та сушіння в межах — 45...65°C. Це підвищить якісні показники отриманих напівфабрикатів і кондитерських виробів на їх основі. Можливість отримання кінцевого порошкоподібного напівфабрикату після досушування попередньо загущених плодовоовочевих паст дасть змогу зменшити об'єми кінцевого продукту в середньому в 5—6 разів, а отже, забезпечить їхню компактність, зменшить витрати на тару й транспортабельність з можливістю довготривалого зберігання [11; 12].

Мета дослідження: обґрунтування технологічно-апаратурного вдосконалення процесів виробництва купажованих плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів.

Викладення основних результатів дослідження. Під час досліджень використовувалася різноманітна плодово-ягідна сировина з подальшим її купажуванням. Основна сировина — яблуко з додаванням інших компонентів (кизил, глід), здатних змінювати органолептичні, лікувально-профілактичні властивості з природними барвними речовинами. У табл. 1 наведено рецептурне співвідношення купажованої композиції.

Таблиця 1. Купажоване співвідношення плодово-ягідних композицій

Компонентний склад	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Яблуко	60	70	50
Кизил	30	20	40
Глід	10	10	10
Контрольний зразок — яблучна сировина (100%)			

Зважаючи на обмежений термін переробки рослинної сировини, потребують обґрунтованого технологічно-апаратурного вдосконалення процесу виробництва

купажованих плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів із зазначенням основних технологічних операцій, необхідних для забезпечення їх високоякісного виробництва. Принциповий технологічний процес виробництва купажованих функціональних плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів наведено на рис. 1.

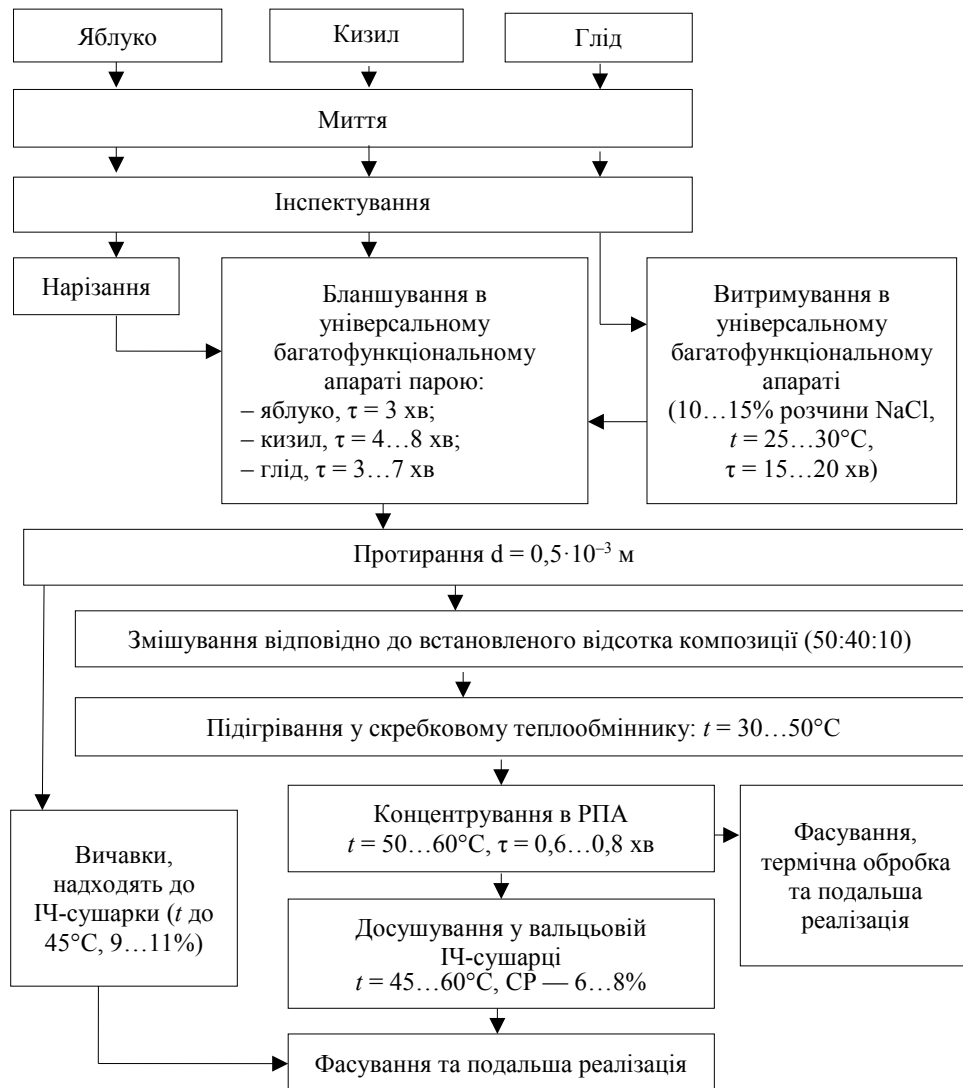


Рис. 1. Принципова схема виробництва купажованих плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів

Купажоване співвідношення плодово-ягідних композицій попередньо запропоноване в табл. 1. Зібрана стигла плодово-ягідна сировина надходить до миючих машин, після чого інспектується та за необхідності нарізується (яблуко). Після цього надходить на бланшування в універсальний багатфункціональний апарат парою (яблуко, $\tau = 3$ хв; глід, $\tau = 4 \dots 8$ хв; кизил, $\tau = 3 \dots 7$ хв). При цьому кизил

додатково витримується в універсальному багатофункціональному апараті (10...15% розчини NaCl, $t = 25...30^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15...20$ хв). Потім здійснюється протирання плодово-ягідної сировини до однорідної маси ($d_{\text{прот.}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м) з відокремленням шкурок і кісточок. Отримана після протирання шкурка із залишками м'якоти одразу направляється до ІЧ-сушарки, де висушується при температурі не більше 45°C до кінцевого вологовмісту 9...11% сухих речовин (СР). Після цього направляється на реалізацію в різноманітні виробництва, зокрема для отримання екстрактів.

Далі отримані однорідні пюреподібні маси купажуються у співвідношенні: яблуко-кизил-глід: 50:40:10 до однорідної консистенції. Отримана купажована пюреподібна харчова маса надходить на підігрівання до $30...50^{\circ}\text{C}$ до скребкового теплообмінника, обігрів якого здійснюється гнучким плівковим резистивним електронагрівачем випромінювального типу (ГПРЕНВТ). Потім підігріта маса подається в роторний плівковий апарат (РПА) з удосконаленою системою обігріву для концентрування до вмісту сухих речовин 28...30% за температури $50...60^{\circ}\text{C}$ протягом 0,6...0,85 хв. Після цього концентрована паста за технологічної необхідності надходить до фасувального автомата з подальшим розливом у ємності або ж подається з РПА на досушування у вальцюву ІЧ-сушарку, де сушиться за температури $45...60^{\circ}\text{C}$ до вологості 6...8% СР з подальшим фасуванням у світлонепроникну герметичну тару різних за вагою об'ємів та реалізується в торговельній мережі.

Більшість технологічних операцій при виробництві купажованих функціональних плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів здійснюється на вдосконаленому тепломасообмінному обладнанні в умовах чіткого стабілізаційного температурного впливу.

Аналізуваня схеми виробництва купажованих функціональних плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів дало змогу виділити основні тепломасообмінні операції, які значною мірою впливають на якість отримуваних виробів. Це, зокрема, попереднє підігрівання сировини, бланшування парою та витримування, концентрування та сушіння. Апаратурне оформлення цих операцій переважно характеризується складністю стабілізуючого впливу, оскільки використовуються нагрівальні оболонки, що ускладнюють чітке управління: тиск пари-температура. Крім того, ці процеси потребують парогенераторів і мереж трубопроводів, збільшують металоємність, енерговитрати на технологічні процеси, ускладнюють експлуатування.

Одним зі шляхів вирішення цих узагальнених конструктивно-технологічних недоліків є заміна системи обігріву проміжними теплоносіями на чітко стабілізований електричний. Це забезпечить рівномірний розподіл теплового потоку, ліквідує нагрівальні оболонки та їх мережі трубопроводів, спростить експлуатацію обладнання.

Першою тепловою обробкою рослинної сировини у запропонованому способі є бланшування парою та витримування в універсальному багатофункціональному апараті (УБА, рис. 2), який складається з технологічної ємності 1, змонтованої на пересувній площадці 2 для забезпечення мобільності. В нижній частині

ємності 1 розміщено барботуючий розпилювач 3, що з'єднується з технічним патрубком відведенням автоматичного запобіжника парової магістралі 4. Також технологічна ємність 1 оснащена краном для зливання технологічних рідин 5.

Пересувна площадка 2 УБА дала змогу розмістити в ній моторне відділення 6 на основі черв'ячного редуктора, до якого за допомогою швидко з'єднувальної муфти 7 кріпиться вал ротора 8 зі змінним секційно-модульним перфорованим вкладишем 9. Також площадка 2 має вмонтоване відділення парового генератора 10, відділення для вакуумування 11 з трубопроводом 12, висувну піднімальну рейку з обертально-піднімальним механізмом 13.

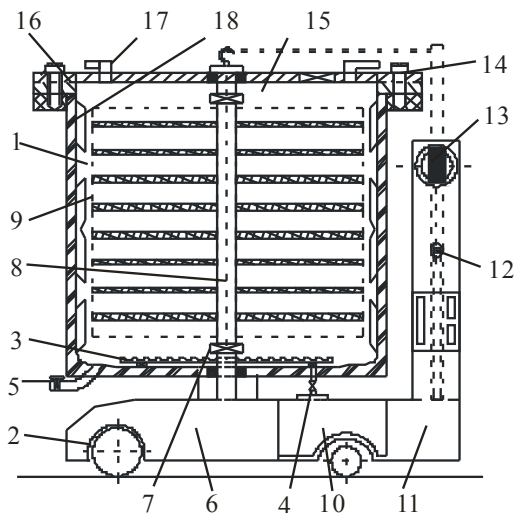


Рис. 2. Схема універсального багатофункціонального апарата: 1 — технологічна ємність; 2 — пересувна площадка; 3 — барботуючий розпилювач; 4 — патрубок запобіжної парової магістралі; 5 — кран для зливання технологічних рідин; 6 — моторне відділення; 7 — швидкоз'єднувальна муфта; 8 — вал ротора; 9 — змінний секційно-модульний перфорований вкладиш; 10 — відділення парогенератора; 11 — відділення вакуумування; 12 — вакуум трубовідвід; 13 — висувна рейка з обертально-піднімальним механізмом; 14 — рим-болти; 15 — кришка робочої технологічної ємності; 16 — гумове ущільнення; 17 — запірна арматура; 18 — гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу з теплоізолюючою поверхнею (ГПРЕнВТ)

До технологічної ємності 1 за допомогою рим-болтів 14 (4 шт.) кріпиться кришка робочої технологічної ємності 15, що має гумове ущільнення 16 у місцях взаємодії з технологічною ємністю 1. На кришці робочої технологічної ємності 1 розташовуються запірні арматури 17.

Наступною тепломасообмінною операцією є попереднє підігрівання, яке пропонуємо здійснювати на вдосконаленому скребковому підігрівачі. Вертикальний скребковий підігрівач (рис. 3) має вертикальну робочу камеру 1, обігрів якої здійснюється ГПРЕнВТ 2 з термоізоляційною поверхнею.

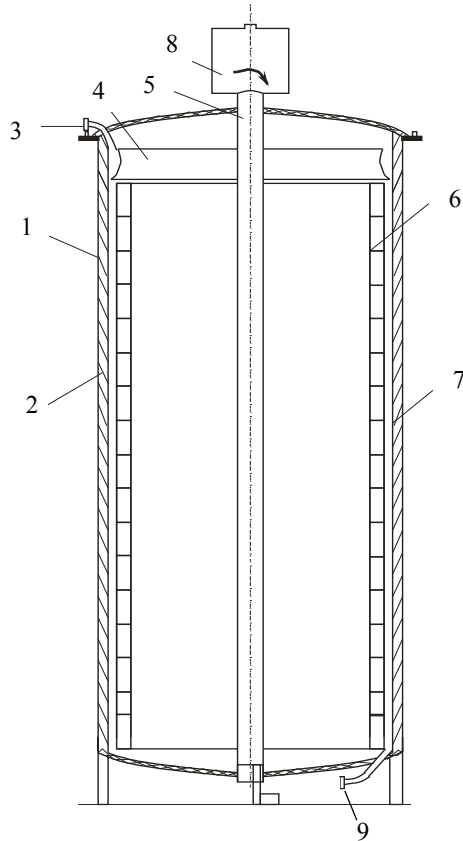


Рис. 3. Удосконалена модель вертикального скребкового підігрівача:

1 — вертикальна робоча камера; 2 — гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу з термоізоляційною поверхнею (ГПРЕНВТ); 3 — патрубок нагнітання сировини; 4 — розподільчий диск; 5 — обертальний ротор; 6 — шарнірні лопаті; 7 — робоча поверхня; 8 — електродвигун з черв'ячним редуктором; 9 — патрубок відведення сировини

Попередньо подрібнена харчова маса надходить крізь патрубок 3, де потрапляє на розподільчий диск 4, утворюючи рівномірний шар сировини, розміщений на обертальному роторі 5. Після цього сировина підхоплюється шарнірними лопатями 6 та переміщується по робочій поверхні 7. Тривалість термічної обробки регулюється товщиною шару сировини та швидкістю обертання лопатей, які приводяться в рух від електродвигуна 8. Розвантаження сировини здійснюється через патрубок 9. Після цього підігріта пюреподібна маса надходить на концентрування в удосконалений роторний плівковий апарат (рис. 4).

Роторний плівковий апарат має робочу камеру 1, обігрів якої здійснюється гнучким плівковим резистивним електронагрівачем випромінюючого типу 2, з термоізоляційною поверхнею. Нагнітання та відведення сировини здійснюється крізь патрубки 3 та 4, а відведення вторинної пари — патрубком 5, після попереднього її накопичування в сепаруючому просторі 6. Утворення необхідного

шару сировини забезпечується розподільним кільцем 10, змонтованим у верхній частині ротора 8, який обертається від електродвигуна 7 і на якому закріплені шарнірні лопаті 9.

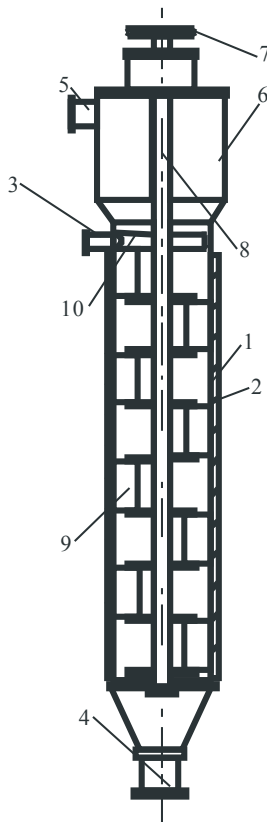


Рис. 4. Удосконалений роторний плівковий апарат: 1 — робоча камера; 2 — гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу з термоізоляційною поверхнею (ГПРЕнВТ); 3, 4 — патрубки нагнітання та відведення сировини; 5 — патрубок відведення вторинної пари; 6 — сепаруючий простір; 7 — електродвигун; 8 — ротор; 9 — шарнірна лопать; 10 — розподільне кільце

Після концентрування пастоподібна купажована суміш надходить на кінцеву тепломасообмінну обробку — сушіння в ІЧ-полі, яке реалізується на вальцювій ІЧ-сушарці (рис. 5).

Процес сушіння реалізується таким чином: пюреподібна маса з вмістом 26...30% СР після концентрування нагнітається шнеком 4 з розподільчою насадкою на робочий рифлений барабан 2, утворюючи необхідний шар сировини для сушіння. При обертанні барабана проти годинникової стрілки здійснюється інтенсивне сушіння сировини за необхідної температури. Інтенсифікація процесу забезпечується створенням вимушеної конвекції нагнітальним вентилятором 6, а відведення вторинного повітря забезпечується патрубком 7. Сушена сировина зрізується ножами 6 та потрапляє до бункера готового виробу.

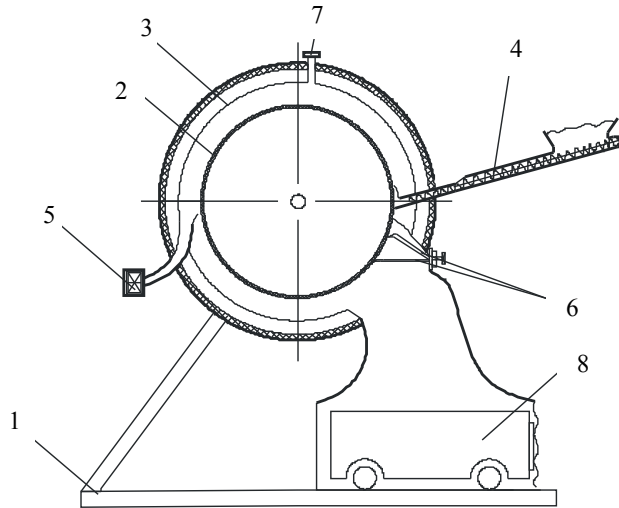


Рис. 5. Вальцова ІЧ-сушарка: 1 — стійки; 2 — робочий рифлений барабан; 3 — гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу з термоізоляційною поверхнею (ГІРЕНВТ); 4 — нагнітальний шнек з розподільчою насадкою; 5 — нагнітальний вентилятор; 6 — зрізувальні ножі; 7 — патрубок відведення пари; 8 — бункер готового виробу

Для виробництва купажованих багатокомпонентних плодоовочевих напівфабрикатів було підібрано апаратурний комплект лінії (рис. 6) з використанням розробленого обладнання:

- для процесів попередньої теплової обробки плодоовочевої сировини універсальний багатофункціональний апарат і скребковий теплообмінник;
- для отримання плодоовочевих паст і порошків використовується роторний плівковий апарат та вальцова ІЧ-сушарка відповідно.

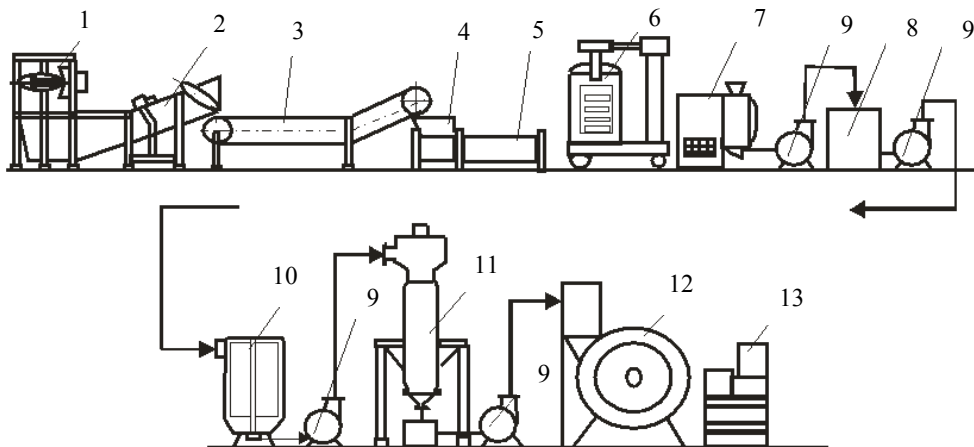


Рис. 6. Техніко-апаратурна схема лінії з виробництва купажованих плодоовочевих напівфабрикатів: 1 — контейнероперекладач; 2 — машина конвеєрна для миття; 3 — конвеєр інспекційний роликівий; 4 — машина для різання плодово-ягідної сировини; 5 — сміть для накопичення вкладишів; 6 — універсальний багатофункціональний апарат; 7 — машина протиральна; 8 — збірник-мірник; 9 — насос шестеренний; 10 — скребковий теплообмінник; 11 — роторний плівковий апарат; 12 — вальцова ІЧ-сушарка; 13 — пакувально-фасувальний автомат

Запропонована лінія з виробництва купажованих багатокомпонентних плодово-ягідних напівфабрикатів може розташовуватися в місцях зростання сировини та характеризується мобільністю, простотою експлуатації, ресурсоефективністю.

Висновки

Розроблено технологічний процес виробництва купажованих функціональних плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів на такій основі: яблуко — 50%; кизил — 40%; глід — 10%. Розроблена технологія відрізняється використанням щадних температурних режимів під час попередньої та основної теплової обробки, які відбуваються на розробленому й удосконаленому обладнанні (всього — 4 од.) із застосуванням для нагрівання гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінювального типу (ГПРЕНВТ). Процеси бланшування парою та витримування в розчині NaCl відбуваються у розробленому багатофункціональному універсальному апараті. Підігрів пюре до 30...50°C здійснюються скребковим теплообмінником. Процеси концентрування до вмісту сухих речовин 28...30% за температури 50...60°C протягом 0,6...0,85 хв та подальшого сушіння за температури 45...60°C до вологості 6...8% СР реалізуються в роторному плівковому апараті та вальцьовій ІЧ-сушарці відповідно.

Підібрано комплект лінії з виробництва купажованих функціональних плодово-ягідних концентрованих і сушених виробів з використання розробленого обладнання. Лінія може розташовуватися в місцях зростання плодово-ягідної сировини, що суттєво зменшить витрати на транспортування, зберігання сировини та забезпечить ресурсоефективність.

Подальші дослідження передбачають визначення оптимальних режимів роботи вдосконаленого обладнання та якісних показників отримуваних плодово-ягідних напівфабрикатів і кондитерських виробів з їх використанням.

Література

1. Шкуратов О. І., Дребот О. І., Чудовська В. А. та ін. Концепція розвитку органічного землеробства в Україні до 2020 року. Київ: ТОВ «Екоінвестком», 2014. 16 с.
2. Назарова Л. В. Стан харчової промисловості України та перспективи підприємств галузі на зовнішніх ринках. 2014. URL: <http://globalnational.in.ua>.
3. Алабина Н. М., Дроздова В. И., Володзько Г. В. и др. Плодоовощные консервы профилактического назначения. *Пищевая промышленность*. 2006. № 11. С. 78—79.
4. Шаizzo P. И., Овчарова Г. П. Продукты детского питания из растительного и мясного сырья инфракрасной сушки. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2005. № 1. С. 50—52.
5. Капрелянц Л. В., Юргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса, 2002. 289 с.
6. Скрипников Ю. Г. Технологія переробки плодів і ягід. Київ: Урожай, 1991. 272 с.
7. Magomedov G. O., Magomedov M. G., Astredinova V. V., Litvinova A. A. Technology concentration of fruit and vegetables. *Vestnik Voronežskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inženernyh Tehnologij*. 2012. Vol. 4. P. 86—89. DOI: 10.20914/2310-1202-2012-4-86-89.
8. Снежкин Ю. Ф. Научные основы разработки ресурсосберегающих теплотехнологий производства фруктово-ягодных порошков: дисс. ... доктора техн. наук: 05.14.04, 05.18.12. Киев, 1993. 356 с.
9. Нечаев А. П. Технологии пищевых производств: учеб. для вузов. Москва: КолосС, 2007. 769 с.
10. Вальцьова ІЧ-сушарка для сушіння природних паст (пюре) у порошкоподібні напівфабрикати: пат. на корисну модель 119166 Україна. № u201703857; заявл. 19.04.2017; опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17. 5 с.
11. Семенов Г. В., Касьянов Г. И. Сушка пищевого сырья. Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. 112 с.
12. Киселева Т. Ф. Технология сушки: учебно-метод. комплекс / Кемеровский технол. ин-т пищевой пром-сти. Кемерово, 2007. 117 с.

УДК 664.669

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF DRYING TEMPERATURE ON ORGANOLEPTIC INDICATORS AND CHEMICAL COMPOSITION OF MILK

K. Belinska

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University

N. Falendysh

National University of Food Technologies

Key words:

*Baby food
Essential amino acids
Milk powder
Spray drying
Sheep milk
Mare milk
Goat milk*

Article history:

Received 18.09.2020
Received in revised form
30.09.2020
Accepted 15.10.2020

Corresponding author:

K. Belinska

E-mail:

kristina0612@ukr.net

ABSTRACT

A large number of infants are on artificial feeding for various reasons. Dry mixtures are used for artificial feeding. The main component of such products is cow milk. But many children suffer from food allergies to cow milk protein. Therefore, it is proposed to study goat, mare and sheep milk in order to use them in the production of baby food.

For obtaining dry dairy products, the main process is drying. The optimum temperature for drying cow milk is well known. Regarding the regimes of drying goat and mare milk, the literature data have significant differences and contradictions. No recommendations for drying sheep milk were found.

Animal milk has different properties and different chemical composition. Therefore, the drying regimes for milk of different animals will be different. Due to these differences, it was proposed to dry milk of animals at different temperatures.

In order to determine the rational drying temperatures of milk, the organoleptic parameters of the obtained milk and the loss of the main components were investigated. According to research, high drying temperatures have negative effect on the color of milk powder in appearance. For cow and goat milk, the organoleptic characteristics in the selected temperature range did not differ.

Studies of the loss of proteins, fats and carbohydrates have shown that significant losses of these substances in the proposed temperature ranges were not observed. But there were losses of some essential amino acids. The greatest losses of lysine, histidine, arginine and methionine were observed. In general, their losses were 0.3—10%.

It was found that the largest changes were observed in the amount of lysine. With a gradual increase in drying temperature, the loss of some amino acids did not change. At high drying temperatures of sheep milk, amino acid losses increased by 5—7 times.

DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-5-15

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СУШІННЯ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД МОЛОКА

К. О. Белінська

Кам'янець-Подільський національний університет ім. І. Огієнка

Н. О. Фалендиш

Національний університет харчових технологій

Велика кількість дітей грудного віку з різних причин перебувають на штучному вигодовуванні. Для штучного вигодовування використовують сухі молочні суміші. Основною складовою таких продуктів є коров'яче молоко. Але більшість дітей страждає на харчову алергію до білків коров'ячого молока, тому пропонується дослідити молоко козине, кобиляче та овече з метою використання їх у виробництві продуктів для дитячого харчування.

Для отримання сухих молочних продуктів основним процесом є сушіння. Оптимальна температура для сушіння коров'ячого молока загальновідома. Щодо режимів сушіння молока козиного та кобилячого літературні дані мають суттєві відмінності та суперечності. Рекомендації щодо сушіння овечого молока не знайдено.

Молоко тварин має різні властивості та різний хімічний склад, тому режими сушіння для молока різних тварин будуть відрізнятися. Зважаючи на ці відмінності, запропоновано сушити молоко тварин за різних температур. З метою визначення раціональних температур сушіння молока досліджено органолептичні показники отриманого молока та втрати основних компонентів. Встановлено, що високі температури сушіння негативно впливають на колір сухого молока. Для коров'ячого та козиного молока органолептичні показники в обраному діапазоні температур не відрізнялися.

Дослідження втрати білків, жирів і вуглеводів показали, що суттєвих втрат цих речовин у запропонованих діапазонах температур не відбувалося. Але відмічаються втрати окремих незамінних амінокислот. Спостерігалися найбільші втрати лізину, гістидину, аргініну та метіонін, втрати яких становили 0,3—10%.

Встановлено, що найбільші зміни спостерігають у кількості лізину. При поступовому підвищенні температури сушіння втрати деяких амінокислот не змінюються. При високих температурах сушіння овечого молока втрати амінокислот зростають у 5—7 разів.

Ключові слова: *дитяче харчування, незамінні амінокислоти, сухе молоко, розпилювальне сушіння, овече молоко, кобиляче молоко, козине молоко.*

Постановка проблеми. Найкращим харчуванням для немовлят і дітей грудного віку, безумовно, є материнське молоко. Проте при його відсутності діти вигодовуються сумішами початковими для дитячого харчування. Такі суміші є збалансованими та наближеними до складу жіночого молока. Основною сировиною, яка використовується для таких сумішей, є коров'яче молоко. Разом з тим

коров'яче молоко повністю не задовольняє потреби дитячого організму. Його склад відрізняється від складу жіночого молока. Для виготовлення збалансованої дитячої суміші на основі коров'ячого молока молоко зазнає суттєвих перетворень і змін у процесі технологічної обробки [1].

Провідна роль у технології виготовлення сухих молочних продуктів для дитячого харчування відводиться процесу сушіння, оскільки саме під час сушіння формується якість готового продукту. Основним завданням при сушінні будь-якого продукту є правильно підібрані параметри сушіння.

Найбільшого впливу на висушуваний матеріал завдає температура сушильного агента. При сушінні молочних продуктів під дією температури білки можуть зазнавати суттєвих змін.

При сушінні молочних продуктів, передбачених для дитячого харчування, особливо важливим є збереження природного складу молока. Крім того, при будь-якому виробництві головним завданням є мінімізація втрат у процесі переробки сировини. Нераціонально підібрані параметри приводять до збільшення втрат при виробництві.

Коров'яче молоко є основною причиною виникнення харчової алергії в дітей. Поширеність цього захворювання у дітей першого року життя складає від 1,9% до 7,5% (в Швеції — 1,9%, в Данії — 2,2%, в Нідерландах — 2,3%, у Великій Британії — 2,5%, в США — 5,2%, в Канаді — 7,5%) [2, 3]. З цією метою слід вивчати інші види молока для можливого їх використання у виробництві продуктів для дитячого харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою розроблення сухих продуктів для дитячого харчування різними авторами проводилися дослідження із сушіння кобилячого молока. Спосіб отримання сухої молочної суміші «Кобоміл» з використанням кобилячого молока передбачає його сублімаційне сушіння [4]. За таким способом отримується сухе молоко гарної якості, проте сублімаційне сушіння є тривалим та високовартісним.

Н. Т. Сулейманов і В. Д. Харитонов [5] пропонують отримання сухого кобилячого молока шляхом розпилювального сушіння, яке здійснюють за температури вхідного повітря 177—197°C. Але вказана температура є вищою за рекомендовану для сушіння коров'ячого молока. У зв'язку з тим, що молоко кобиляче містить велику кількість сироваткових білків, які є термолабільними, сушіння його слід проводити за нижчих температур, ніж сушіння коров'ячого молока. Досліджень щодо раціонального режиму сушіння овечого молока не виявлено.

Метою дослідження є отримання сухого молока кобилячого й овечого шляхом розпилювального сушіння шляхом підбору раціональної температури сушіння, при якій будуть найменші втрати продукту та найкращі органолептичні показники.

Матеріали і методи. Для дослідження використовували молоко нативне коров'яче, кобиляче, козине та овече.

Досліди з сушіння молока виконувалися на напівпромисловій розпилювальній сушарці «Ниро-Атомайзер» з робочим об'ємом камери 0,9 м³ і продуктив-

ністю за випареною вологою до 5,0 кг/год. Сушарка дає змогу забезпечити температуру сушильного агента в діапазоні 120...250°C на вході в сушарку та 60...100°C — на виході з неї.

Сушіння відбувалося за таких параметрів: швидкість руху сушильного агента — 0,5 м/с, відносна вологість сушильного агента — 25%, розмір крапель розпиленого продукту — 40...50 мкм, масова частка сухих речовин у продукті, який надходив на сушіння, — 40—43%.

Амінокислотний склад білків молока визначали методом іонообмінної хроматографії. Використовували автоматичний аналізатор амінокислот Т 339 [6].

Продукти з високим вмістом жиру чи білка мають різні швидкості сушіння [7]. Тому, підбираючи режим сушіння продукту, необхідно враховувати хімічний складу незбираного молока.

Різниця в температурних режимах зумовлена різним хімічним складом молока. Оскільки козине та коров'яче молоко подібні за хімічним складом, температуру сушильного агента для козиного молока підбирали, виходячи з рекомендацій для сушіння коров'ячого молока (160—180°C) [4]. Як відомо, процес сушіння характеризується видаленням вільної води з продукту, утримувачем води є білки [8]. Масова частка білків і жирів у козиному й коров'ячому молоці подібна, тому є припущення, що процес сушіння в цих продуктах буде однако-вим.

Вміст жиру та білків у кобилячому молоці значно менший, ніж у козиному та коров'ячому молоці, тому процес сушіння може відбуватися інтенсивніше. Проте високий вміст лактози в кобилячому молоці може призвести до погіршення якості сухого молока під впливом високих температур (>160°C), тому для кобилячого молока було вирішено проводити сушіння при нижчих температурах (130—160°C).

Крапля, що утворюється в процесі розпилення молока, концентрує на своїй поверхні жир. Тому овече молоко, в якому вміст жиру більший (5,6...6,7%), ніж у коров'ячому та козиному молоці, на поверхні краплини може містити більшу кількість жирових кульок. І розмір цих кульок також більший (25 мкм). За рахунок дифузії на місце видаленої води піднімається вода з внутрішніх шарів. Жир, розміщений на поверхні частинки сухого молока, уповільнює вихід води з внутрішніх шарів, уповільнюючи таким чином сушіння [9]. Тому для швидшого видалення води і для підвищення дисперсності жирових кульок доцільно висушувати продукт при вищих (160...190°C) температурах сушильного агента.

Викладення основних результатів дослідження. З метою визначення раціональних параметрів сушіння молоко сушили при різних температурних режимах. Результати органолептичної оцінки отриманого сухого молока, висушеного за різних температур, наведено в табл. 1. Найбільшого впливу від температури сушильного агента зазнають зовнішній вигляд і колір сухого молока. Так, молоко коров'яче та козине не зазнає органолептичних змін у діапазоні температур 150...180°C. Органолептичні показники кобилячого молока найкращі за температури сушіння його при 140...150°C. При вищих температурах спостерігається потемніння сухого молока, а при нижчих — сухе молоко недостатньо висушене.

FOOD TECHNOLOGY

Таблиця 1. Органолептичні показники сухого молока

Продукт	Температура сушильного агента на вході, °С	Зовнішній вигляд	Смак і аромат	Колір
Молоко коров'яче (контроль)	150...160	Агломерований порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
	160...170	Агломерований порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
	170...180	Дрібний сухий порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
Молоко кобиляче	130...140	Порошок з грудочками	Відчутно солодкий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий, рівномірний по всій масі
	140...150	Агломерований порошок	Відчутно солодкий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий, рівномірний по всій масі
	150...160	Агломерований порошок	Солодкий смак з присмаком топленого цукру, відчутний аромат топленого цукру	Білий з темним відтінком
Молоко козине	150...160	Агломерований порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
	160...170	Агломерований порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
	170...180	Дрібний сухий порошок	Солодкуватий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Білий із жовтим відтінком, рівномірний
Молоко овече	160...170	Агломерований порошок	Злегка солодкий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Світло-жовтий, рівномірний по всій масі
	170...180	Дрібний сухий порошок	Злегка солодкий смак, характерний свіжому молоку, без сторонніх присмаків і запахів	Світло-жовтий, рівномірний по всій масі
	180...190	Дрібний сухий порошок	Відчувається помітний хруст при розжовуванні	Нерівномірний, з відтінком коричневого

Для овечого молока температура сушіння 180...190°C спричиняє потемніння висушеного продукту. При нижчих температурах сушіння сухе овече молоко отримується гарної якості.

У процесі теплової обробки молока деякі складові можуть змінювати свої властивості. В ході технологічного процесу можуть спостерігатися втрати окремих складових сировини, тому досліджено зміни хімічного складу молока в процесі сушіння. Хімічний склад незбираного молока та сухого молока домашніх тварин наведено в табл. 2 та табл. 3.

Для дослідження зміни хімічного складу в процесі теплової обробки молока визначали втрати основних складових до початкового їх вмісту. Встановлено, що зі збільшенням температури сушіння втрати всіх компонентів молока зростають. Проте втрати білків, жирів та вуглеводів незначні й знаходяться в межах похибки.

Дослідження зміни амінокислотного складу білків різних видів сухого молока в процесі сушіння показало, що найбільші втрати спостерігалися серед чотирьох амінокислот (0,3...10,0%). Втрати серед решти амінокислот незначні.

У всіх зразках у процесі сушіння найбільше змінюється лізин. З підвищенням температури сушіння коров'ячого молока від 150°C до 180°C втрати лізину зростають на 0,5%. У кобилячому молоці підвищення температури сушіння від 130°C до 160°C призводить до зростання втрат лізину лише на 0,2%. З підвищенням температури сушіння козиного молока від 150°C до 180°C втрати лізину зростають на 0,5%. В овечому молоці підвищення температури сушіння від 160°C до 190°C призводить до зростання втрат лізину лише на 0,6%.

З підвищенням температури сушіння коров'ячого молока від 150...160°C до 160...170°C втрати гістидину зростають удвічі. При наступному підвищенні температури сушіння коров'ячого молока до 170...180°C втрати гістидину знову зростають вдвічі.

Таблиця 2. Зміна хімічного складу молока коров'ячого та кобилячого при різних температурах сушіння

Показник	Коров'яче молоко			Кобиляче молоко		
	150...160	160...170	170...180	130...140	140...150	150...160
Температура сушіння, °C	2	3	4	5	6	7
Масова частка білка, % на СР						
незбиране	24,2±0,1			16,7±0,1		
сухе	23,76 ±0,5	23,69 ±0,5	23,65 ±0,5	16,48 ±0,5	16,45 ±0,5	16,40 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	1,80	2,10	2,24	1,47	1,52	1,61
Лізин, % до загального вмісту білка						
незбиране	8,53			7,0		
сухе	7,82 ±0,05	7,80 ±0,05	7,78 ±0,05	6,67 ±0,05	6,67 ±0,05	6,65 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	8,3	8,6	8,8	4,7	4,7	4,9

FOOD TECHNOLOGY

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Гістидин, % до загального вмісту білка						
незбиране	2,52			2,24		
сухе	2,51 ±0,05	2,50 ±0,05	2,48 ±0,05	2,23 ±0,05	2,23 ±0,05	2,21 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	0,4	0,8	1,6	0,5	0,5	1,3
Аргінін, % до загального вмісту білка						
незбиране	3,75			4,45		
сухе	3,60 ±0,05	3,50 ±0,05	3,40 ±0,05	4,37 ±0,05	4,33 ±0,05	4,31 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	4,0	6,7	9,4	1,9	2,7	3,2
Метіонін, % до загального вмісту білка						
незбиране	2,52±0,05			3,1±0,05		
сухе	2,50 ±0,05	2,50 ±0,05	2,44 ±0,05	3,09 ±0,05	3,09 ±0,05	3,04 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	0,8	0,8	3,2	0,3	0,3	1,94
Масова частка жирів, % на СР						
незбиране	27,3±0,1			12,4±0,1		
сухе	26,78 ±0,5	26,76 ±0,5	26,70 ±0,5	12,28 ±0,5	12,23 ±0,5	12,20 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	1,97	2,08	2,15	1,26	1,30	1,35
Масова частка лактози, % на СР						
незбиране	41,0±0,1			69,1±0,1		
сухе	39,69 ±0,5	39,65 ±0,5	39,59 ±0,5	67,61 ±0,5	67,55 ±0,5	67,44 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	3,20	3,35	3,44	2,16	2,20	2,40

При сушінні кобилячого молока в діапазоні температур 130...150°C втрати гістидину не змінюються. Проте з підвищенням температури сушіння до 150...160°C втрати гістидину зростають на 0,8%.

Втрати гістидину у козиному молоці не змінюються при сушінні його за температури 150...170°C. Спостерігається збільшення величини втрат гістидину майже в 4 рази при сушінні козиного молока за температури 170...180°C.

З підвищенням температури сушіння овечого молока від 160...170°C до 170...180°C втрати гістидину зростають на 0,4%. Проте з підвищенням температури сушіння до 180...190°C втрати гістидину зростають майже у 7 разів.

При збільшенні температури сушіння коров'ячого молока від 150...160°C до 160...170°C втрати аргініну зростають на 2,7%. З підвищенням температури вишування молока до 170...180°C втрати аргініну знову зростають на 2,7%.

З підвищенням температури сушіння кобилячого молока від 130...140°C до 140...150°C та від 140...150°C до 150...160°C втрати аргініну спочатку зростають на 0,8%, а далі ще на 0,5%.

При збільшенні температури сушіння козиного молока від 150...160°C до 160...170°C втрати аргініну зростають на 0,7%. З подальшим підвищенням температури сушіння козиного молока ще на 10°C втрати аргініну не змінюються.

Втрати аргініну в овечому молоці при сушінні його за температури 160...170°C та 170...180°C однакові. Підвищення температури сушіння до 180...190°C призводить до збільшення втрат аргініну в овечому молоці у 5 разів.

При сушінні коров'ячого та козиного молока за температури 150...160°C та 160...170°C втрати метіоніну не збільшуються. Підвищення температури сушального агента до 170...180°C призводить до збільшення втрат метіоніну в 4 рази у коров'ячому молоці та на 1% у козиному молоці.

При збільшенні температури сушіння кобилячого молока від 130...150°C до 150...160°C втрати метіоніну зростають в 6,5 рази.

Таблиця 3. Зміна хімічного складу молока козиного та овечого при різних температурах сушіння

Показник	Козине молоко			Овече молоко		
	150...160	160...170	170...180	160...170	170...180	180...190
1	2	3	4	5	6	7
Масова частка білка, % на СР						
незбиране	31,2±0,1			26,6±0,1		
сухе	30,52 ±0,5	30,50 ±0,5	30,48 ±0,5	25,97 ±0,5	25,87 ±0,5	25,74 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	2,12	2,25	2,30	2,35	2,63	3,23
Лізін, % до загального вмісту білка						
незбиране	7,95			9,3		
сухе	7,31 ±0,05	7,29 ±0,05	7,27 ±0,05	8,42 ±0,05	8,40 ±0,05	8,36 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	8,0	8,3	8,5	9,5	9,7	10,1
Гістидин, % до загального вмісту білка						
незбиране	2,60			2,13		
сухе	2,59 ±0,05	2,59 ±0,05	2,56 ±0,05	2,12 ±0,05	2,11 ±0,05	2,00 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	0,4	0,4	1,5	0,5	0,9	6,2
Аргінін, % до загального вмісту білка						
незбиране	2,81			2,62		
сухе	2,69 ±0,05	2,67 ±0,05	2,67 ±0,05	2,54 ±0,05	2,54 ±0,05	2,20 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	4,3	5,0	5,0	3,1	3,1	15,4

1	2	3	4	5	6	7
Метіонін, % до загального вмісту білка						
незбиране	2,12±0,05			2,84±0,05		
сухе	2,10 ±0,05	2,10 ±0,05	2,08 ±0,05	2,83 ±0,05	2,82 ±0,05	2,71 ±0,05
Втрати, %, до вмісту в незбиране	0,9	0,9	1,9	0,35	0,7	4,58
Масова частка жирів, % на СР						
незбиране	23,2±0,1			33,6±0,1		
сухе	22,73 ±0,5	22,68 ±0,5	22,67 ±0,5	32,88 ±0,5	32,85 ±0,5	32,70 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	2,04	2,17	2,29	2,32	2,40	2,58
Масова частка лактози, % на СР						
незбиране	42,7±0,1			22,4±0,1		
сухе	41,24 ±0,5	41,22 ±0,5	41,10 ±0,5	21,56 ±0,5	21,52 ±0,5	21,45 ±0,5
Втрати, %, до вмісту в незбиране	3,46	3,60	3,69	3,93	4,04	4,26

Втрати метіоніну в овечому молоці при сушінні його за температури 170...180°C вдвічі більші, ніж при сушінні за температури 160...170°C. Підвищення температури сушильного агента до 180...190°C призводить до збільшення втрат метіоніну в овечому молоці у 6,5 раза.

Зменшення кількості амінокислот у молоці в процесі сушіння є наслідком реакції Маяра. На першій і наступних стадіях реакції Маяра відбувається блокування амінокислот, особливо реакційно здатного лізину. Основна частина блокованого лізину представлена фруктозолізином, який не розщеплюється травними ферментами і не засвоюється організмом дитини, тобто під час теплової обробки має місце зниження біологічної цінності сухого молока.

Причиною різних втрат амінокислот можуть бути відмінності конформаційної будови поліпептидних ланцюгів. Очевидно, що реагувати з будь-якими речовинами або зазнавати термічних перетворень здатні передусім ті амінокислотні залишки, які розташовані на поверхні макромолекули білка або поблизу неї. Оскільки процес сушіння краплі триває невеликий проміжок часу або, точніше, висушування відбувається миттєво, то впливу температури підлягають саме ці амінокислоти і ті, що стали доступними внаслідок денатураційної деструкції білкового конгломерату.

Висновки

Сушіння молока призводить до зниження його біологічної цінності. Проте величина втрат окремих амінокислот в молоці залежить від температури сушіння. тому при виборі оптимальних параметрів сушіння молока слід враховувати втрати амінокислот в різних температурних діапазонах. Результати дослідження вка-

зують на відмінності в хімічному складі різних видів молока. Під впливом температури сушіння спостерігаються втрати білків, жирів і вуглеводів. Проте втрати цих компонентів незначні і знаходяться в межах похибки.

Подальші дослідження передбачають визначення фізико-хімічних показників отриманого сухого молока для обґрунтування раціональних режимів сушіння молока.

Література

1. Дмитриева Е. Т., Евстигнеев Г. М., Марх З. А. Консервы и концентраты для детского питания. Под ред. А. Н. Самсоновой. М.: Агропромиздат, 1985. 246 с.
2. Балаболкин И. И. Пищевая аллергия у детей первого года жизни. *Вопросы современной педиатрии*. 2006. Т. 5, № 6. С. 77—80.
3. Захарова И. Н. Диетотерапия при непереносимости белков коровьего молока у детей раннего возраста. *Вопросы современной педиатрии*. 2005. Т. 4, № 1. С. 67—70.
4. Скорченко Т. А. Технологія дитячих молочних продуктів: навч. посіб. / Т. А. Скорченко, О. В. Грек. К.: НУХТ, 2012. 330 с.
5. Патент 2289258 RU, A23C9/00 (2006.01) Способ изготовления сухого кобыльего молока / Сулейманов Н. Т., Харитонов В. Д.; заявители Сулейманов Наиль Тимерзянович, Харитонов Владимир Дмитриевич. № 2004110087/13; заявл. 02.04.2004; опубл. 27.09.2005, Бюл. № 1, 2005 р.
6. Казаренко Т. Д. Ионнообменная хроматография аминокислот. Новосибирск: Наука. 1975. 134 с.
7. Faldt P., Bergenstahl B. Spray-dried whey protein/lactose/soybean oil emulsions. 1. Surface composition and particle structure. *Food Hydrocolloids*. 1996. № 10. P. 421.
8. Dupont D. and other. Heat treatment of milk during powder manufacture increases casein resistance to simulated infant digestion. *Food Dig*. 2010. № 1. PP. 28—39.
9. Faldt P., Sjöholm I., Bergenstahl B. Surface composition of spray-dried powders. 11th International Drying Symposium. Vol. C. Halkidiki, Greece. 1998. P. 2164.

TECHNOLOGICAL MODES OF SAFE PROCESSING OF RAW MEAT UNDER VACUUM

I. Oshchypok

Lviv University of Trade and Economics

Key words:

Sous vide
Technology
Temperature
Processing
Microbiological
indicators

Article history:

Received 17.09.2020
Received in revised form
28.09.2020
Accepted 16.10.2020

Corresponding author:

I. Oshchypok
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article investigates the influence of heat treatment in the technology of sous vide, in which various microorganisms can survive in products intended for public catering. Studies of poultry meat and beef products have been carried out to identify the safety of the obtained products according to the technological modes of co-production technology. The results of the biological method of checking the typical heat treatment of raw materials inoculated with a mixture of cultures of *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocitogenes* immediately before sealing the product under vacuum in aseptic conditions at the rate of at least $1.0 \cdot 10^4$ cells per gram of product. The product was pasteurized until the temperature reached a thickness of 65°C , soaking at this temperature for 90 minutes, and rapid cooling with cold running water.

The analyzed result of microbiological analysis of storage of control samples showed that the cooked meat product meets the requirements of the standard. It was found that in beef treated by the method of sous vide ($55^\circ\text{C}/65$ min), the amount of *L. monocytogenes* during refrigeration with the addition of rosemary essential oil as a natural preservative was reduced. Along with the antimicrobial effect, rosemary has an antioxidant effect, this was demonstrated in the development of technology for poultry sausages using a mixture of phenolic diterpenes of rosemary containing carnosic acid and carnosol as a source of natural antioxidants for storage. It was established that the use of sous vide technology has advantages over traditional processing methods, providing high organoleptic characteristics, reducing weight loss, while ensuring the safety of the final product. On the basis of the biological method of verification, the choice of the optimal mode of heat treatment was confirmed, and the microbiological indicators of the product indicated their compliance with the indicators of quality and safety according to regulatory and technical documentation. Based on the results of this work, a conclusion was made about the possibility of using the selected processing mode for production in vacuum bags "Poultry cooked by the method of sous vide".

ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ БЕЗПЕЧНОЇ ОБРОБКИ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ПІД ВАКУУМОМ

І. М. Ощипок

Львівський торговельно-економічний університет

У статті досліджено вплив теплової обробки в технології су-від, при якій можуть виживати різні мікроорганізми в продуктах, призначених для громадського харчування. Проведено дослідження продукту з м'яса птиці і яловичини для виявлення безпечності одержуваної продукції за технологічними режимами технології су-від. Наведено результати біологічного методу перевірки типової термічної обробки сировини, інокульованої сумішшю культур *Salmonella enteritidis* і *Listeria monocitogenes* безпосередньо перед закупорювання продукту під вакуумом в асептичних умовах з розрахунку не менше $1,0 \cdot 10^4$ клітин на грам продукту. Проведено пастеризацію продукту до досягнення температури в товщі м'яса 66°C , витримуванні його при цій температурі протягом 90 хв і швидкому охолодженні проточною водою.

Проаналізований результат мікробіологічного аналізу зберігання контрольних зразків показав, що продукт м'ясний варений відповідає вимогам стандарту. Встановлено, що в яловичині, обробленій методом су-від ($55^\circ\text{C}/65$ хв), знижується кількість *L. monocitogenes* в процесі холодильного зберігання при додаванні ефірного масла розмарину як натурального консерванта. Поряд з антимікробним ефектом розмарин володіє й антиоксидантною дією, що було продемонстровано при розробці технології су-від для ковбас з м'яса птиці з використанням суміші фенольних дитерпенів розмарину, які містять карнозинову кислоту і карнозол як джерело натуральних антиоксидантів для продовження тривалості холодильного зберігання продукту. Відзначено, що застосування технології су-від має переваги порівняно з традиційними способами обробки, забезпечуючи високі органолептичні показники, зменшуючи втрати маси, при цьому гарантуючи безпеку готового продукту. На підставі біологічного методу перевірки підтверджено вибір оптимального режиму термічної обробки, а мікробіологічні показники продукту свідчать про їхню відповідність показникам якості і безпечності згідно з нормативно-технічною документацією. За результатами проведеного дослідження був зроблений висновок про можливість застосування обраного режиму обробки для виготовлення у вакуумних пакетах «Птиці вареної методом су-від».

Ключові слова: су-від, технологія, температура, обробка, мікробіологічні показники.

Постановка проблеми. Численними дослідженнями доведено, що від якості харчування і збалансованості раціону за харчовими речовинами залежить підтримання здоров'я, працездатність, розумовий розвиток і тривалість життя людини. У зв'язку з цим зростає попит на функціональні продукти, що сприяють підвищенню резистентності організму до несприятливих факторів навколишнього середовища, а також на мінімально оброблених харчових продуктах, які

піддаються бережливій технологічній обробці, не містять синтетичних харчових добавок або містять їх в обмеженій кількості. Крім того, зміна стилю життя, збільшення числа працюючих жінок і літніх людей зумовлюють підвищення попиту на напівфабрикати та готові до вживання харчові продукти і ведуть до розширення ринку продукції швидкого приготування.

В останні роки активно збільшується ринок готових до вживання харчових продуктів, таких як повністю готові до вживання (RTE), готові до вживання в їжу після підігріву (RTH), готові до кулінарної обробки м'ясні продукти (RTC) [1].

Вакуумна упаковка і, відповідно, видалення кисню з оточуючого продукт середовища призводить до сповільнення його окислення, зменшення втрат вологи і летких смако-ароматичних речовин, зниження необхідних кількостей солі, спецій і трав, оскільки їхня дія в умовах термообробки су-від посилюється. Обробка су-від дає змогу зберігати вітаміни і мінеральні речовини всередині продукту при термообробці, що робить продукт більш поживним [2]. Система су-від забезпечує більш високий вихід і кращу текстуру м'ясних продуктів, зокрема, виготовлених з яловичини, порівняно з традиційною обробкою [3]. Обробка сировини, герметично упакованої в термостабільні пластикові пакети під вакуумом, здійснюється при строго контрольованих температурах (зазвичай 65—95°C) протягом тривалого часу з подальшим швидким охолодженням (як правило, до досягнення температури 3°C в центрі продукту) або в деяких випадках заморожуванням [4]. Вакуумна упаковка сприяє ефективній передачі тепла від води (або пари) до продукту і збільшує термін його зберігання за рахунок виключення ризику повторного забруднення під час зберігання, а також запобігає випаровуванню вологи при приготуванні їжі. В технології су-від ощадна теплова обробка може допустити виживання різних мікроорганізмів, тому такі продукти вимагають зберігання при низьких температурах протягом усього терміну придатності, який, зазвичай, може тривати декілька тижнів.

Перевагою технології су-від є досягнення рівномірної температури всередині і на поверхні готового продукту, зменшення втрат маси сировини при приготуванні і зберіганні, а упаковка під вакуумом зберігає смакові якості, колір і консистенцію, які, зазвичай, втрачаються в процесі традиційних методів теплової обробки, при цьому максимально зберігається вміст поживних речовин. Завдяки цим перевагам технологія су-від представляє великий інтерес як з практичної, так і з наукової точки зору.

Як уже було зазначено вище, для забезпечення мікробіологічної безпеки таких продуктів чимале значення має адекватна термічна обробка упродовж певного періоду часу відповідно до типу продукту, який виробляють, і виду наявних мікроорганізмів. Так, наприклад, було встановлено, що значення D для вегетативних клітин *S. perfringens* у свинячому закусочному рулеті становило 16,3 хв при 55°C; 8,5 хв при 60°C і 0,8 хв при 65°C, а для спор — 30,6 хв при 90°C; 9,7 хв при 95°C і 1,9 хв при 100°C. Значення D для вегетативних клітин *B. cereus* було в діапазоні від 1 хв (60°C) до 33,2 хв (50°C) і від 2,0 хв (95°C) до 29,5 хв (85°C) [6]. У вакуум-упакованому курячому м'ясі су-від для досягнення кількості клітин нижче межі виявлення була необхідна термообробка при 55°C протягом 40 хв при 60°C протягом 20 хв, при 65°C протягом 2,5 хв для *Salmonella Enteritidis*

АТСС-13076 і термообробка при 55 °С протягом 60 хв. При 60°С протягом 30 хв, при 65°С протягом 3 хв для штаму *Clostridium perfringens* NCAIM B01417T [7]. Обробка донер-кебабів методом су-від при 70°С протягом 2 хв після досягнення температури в центрі продукту 70°С приводила до зниження приблизно на 1 log КУО/г загальної кількості аеробних мезофільних бактерій, аеробних психрофільних бактерій, молочнокислих бактерій, дріжджів і цвілі [8]. У свинячій корейці після обробки методом су-від при підтримці температури всередині продукту 70°С протягом 11 год з подальшим охолодженням при 3°С, кількість психротрофів, *Enterobacteriaceae*, молочнокислих бактерій, дріжджів і цвілі залишалися низькими протягом усього періоду холодильного зберігання при 2°С. Цікаво відзначити, що в цьому продукті органолептичне псування передувало мікробіологічному [9].

Зростання *C. Perfringens* в процесі зберігання при низьких позитивних температурах корейського традиційного продукту «Galbijjim» (реберний край яловичої грудинки, маринованої в соєвому соусі і з овочами), обробленого з застосуванням технології су-від при 90° С протягом 90 хв, не спостерігали [5].

Мета статті: дослідити технологію су-від стосовно безпечності, з мікробіологічної точки зору, отриманих високоякісних мінімально оброблених, готових до вживання харчових продуктів з м'яса птиці і яловичини, визначити збереження нутрієнтів зі зниженим вмістом солі при належному моніторингу критичних параметрів виробництва протягом усього процесу приготування і зберігання із застосуванням концепції НАССР та додаткової обробки з використанням натуральних антимікробних засобів.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження був продукт варений з м'яса птиці. Сировиною служило куряче філе без шкіри «Наша ряба» охолоджене. Для проведення експерименту використовували обладнання для пастеризації — водяний термостат марки «LAUDA». Спосіб пастеризації та охолодження продукту — водяний. Сировину фасували в упаковку (пакети) з термостійких полімерних комбінованих матеріалів марки «Profi Cook» масою до 1000 г. Продукцію інокулювали сумішшю попередньо отриманих клітин *Salmonella enteritidis* і *Listeria monocitogenes*. Суміш містила клітини цих культур у однаковому співвідношенні. Продукт заражали сумішшю цих культур безпосередньо перед закупорюванням під вакуумом в асептичних умовах з розрахунку не менше $1,0 \cdot 10^4$ клітин на грам продукту. Після зараження пакети з продукцією герметично закупорювали під вакуумом. Закупорена продукція перед пастеризацією зберігалася в кімнатних умовах не більше 30 хв. Пастеризацію продукту проводили, нагріваючи пакети з продукцією у водяному термостаті до досягнення температури в товщі продукту 66°С протягом 62 хв. Витримували при цій температурі протягом 95 хв, потім швидко охолоджували холодною проточною водою.

Дослідна партія виробленого продукту була розміщена на контрольне зберігання в умовах охолоджуваного середовища від плюс 2°С до плюс 6°С на 12 діб, динаміці і реалізації не піддавали. Після 12 діб зберігання було проведено дослідження продукту з цієї партії. Мікробіологічні показники зразка оцінювали на наявність таких мікроорганізмів, як КМАФАнМ, БГКП, *Listeria Monocitigenes*,

Salmonella enteritidis, неспоруютворюючих мікроорганізмів, цвілевих грибів. Для підтвердження безпеки обраного режиму термічної обробки використовували біологічний метод перевірки.

Результати і обговорення. При дослідженні мікробіологічних показників у зразках не було виявлено перевищення норм технічного регламенту. Результати мікробіологічних аналізів зрізків продукції представлені в таблиці. Був проведений візуальний контроль пакетів з продуктами після зберігання, при якому видимих ознак псування виявлено не було.

Таблиця. Аналіз вареного продукту з м'яса птиці

№ з/п	КМАФАнМ ДСТУ 8446:2015 в 1 г продукту	Неспоруютворюючі мікроорганізми, плісняві гриби і дріжджі за ГОСТ 30425-97 в 1 г продукту	Бактерії <i>Listeria monocitigenes</i> НАКАЗ 11.08.2006 N 559 в 25 г продукту	Бактерії <i>Salmonella enteritidis</i> за ДСТУ 3143:2013 в 25 г продукту	БГКП за ГОСТ 30518-97 в 1 г продукту
1	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
2	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
3	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
4	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
5	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
6	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
7	Менше 10	Менше 10	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені

Примітка: дослідні зразки № 1—5 — вироблені із зараженням, зразки № 6—7 — контроль, вироблені без зараження.

У курячій грудці, виготовленій методом су-від з тепловою обробкою при 66°C протягом 36 хв (після досягнення температури в центрі продукту 66°C) відзначено зниження загальної кількості життєздатних мікроорганізмів і коліформи в процесі зберігання при 2°C протягом 14 днів. Прийнятні мікробіологічні показники продукту були досягнуті навіть при застосуванні більш низьких температур теплової обробки в триетапному методі су-від (40°C — 1 год, 50°C — 1 год і 60°C — 4 год).

Результати мікробіологічного аналізу фрикадельок з м'яса курей, оброблених методом су-від (92°C протягом 10 або 20 хв), підтвердили відсутність *Listeria* spp. і *Cl. perfringens* в процесі холодильного зберігання.

Разом з тим збільшений споживчий попит на «натуральні», мінімально оброблені продукти з «натуральними» добавками робить особливо актуальними дослідження щодо застосування консервантів рослинного походження в продуктах су-від. [5]

Ефективність застосування натуральних добавок для підвищення мікробіологічної безпеки продуктів була продемонстрована додаванням препарату Citricidal® (екстракт грейпфруту) в мариновані продукти з м'яса птиці, оброблені методом су-від, призводило до зниження зростання *Clostridium perfringens* без помітного впливу на колір, зусилля зрізу або окислення ліпідів.

Зниження природної мікрофлори на яловичині було порівняно із запропонованим при використанні звичайного одноетапного методу су-від. Під час вивчення питання мікробіологічної безпеки продуктів, при виробництві яких застосовується технологія су-від, необхідно наголосити на застосуванні концепції НАССР з використанням таких критичних контрольних точок, як якість сировини, герметичність упаковки, температурно-часові режими термообробки, і, звичайно ж, дотримання відповідної температури протягом усього технологічного ланцюга від виробника до споживача, оскільки зберігання при температурі нижче 3°C перешкоджає росту патогенних бактерій у харчових продуктах, приготованих способом су-від на основі м'яса.

Мікробіологічні показники продуктів приготовлених способом су-від можуть бути додатково поліпшені, використовуючи концепцію бар'єрної технології, розробленої Л. Лайснером. Технологія су-від, загалом для забезпечення мікробіологічної безпеки продукту передбачає застосування нагрівання при пастеризації продукту з подальшим швидким охолодженням до температури нижче 3°C і холодильним зберіганням. Мультибар'єрний підхід, який є найбільш надійним для контролю мікробіологічного росту і забезпечує мінімальне зниження якості харчових продуктів, може ефективно застосовуватися для посилення цих двох бар'єрів за рахунок застосування консервантів, що пригнічують зростання харчових патогенів, як, наприклад, лактат натрію, який використовується при виробництві м'ясних продуктів і продуктів з м'яса птиці. Так, застосування 2,4% лактату натрію при виготовленні продуктів, оброблених методом су-від, інгібоване зростання *Listeria monocytogenes* не відбувається. Хотілося б відзначити, що в більш високих порціях лактат натрію приводить до солонуватого смаку продукту.

У яловичині, обробленій методом су-від (55°C/65 хв), відзначено зниження кількості *L. monocytogenes* в процесі холодильного зберігання при додаванні ефірного масла розмарину як натурального консерванту. Цікаво відзначити, що поряд з антимікробним ефектом розмарин володіє і антиоксидантною дією, що було продемонстровано при розробці технології су-від для ковбас з м'яса птиці з використанням суміші фенольних дитерпенів розмарину, що містять карнозинову кислоту і карнозол як джерело натуральних антиоксидантів для продовження тривалості холодильного зберігання продукту. Застосування лимонного соку продовжувало термін зберігання мерланга, обробленого методом су-від (70°C/10 хв), при температурі 4°C [10].

Висновки

Отже, розглянуто кілька варіантів зразків продуктів з м'яса птиці, що відрізнялися температурою і тривалістю обробки. В результаті вибраний виріб, який характеризується, відповідно до вимог кінцевого продукту, найкращим співвідношенням втрати вологи м'ясною сировиною і високими органолептичними показниками.

Застосування технології су-від має переваги порівняно з традиційними способами обробки, забезпечуючи безпеку кінцевого продукту, високі органолептичні показники, зменшуючи втрати по масі. Біологічний метод перевірки

підтвердив вибір оптимального режиму термічної обробки, а мікробіологічні показники продукту свідчать про їхню відповідність показникам якості і безпечності згідно з нормативно-технічною документацією.

За результатами проведеної роботи були зроблені висновки про можливість застосування розробленого режиму пастеризації для «Птиці вареної методом су-від» у полімерних пакетах.

Рекомендований термін придатності продуктів м'ясних варених при температурі зберігання від плюс 2°C до плюс 6°C і відносній вологості повітря не більше 75% для продукції в пакетах з полімерних матеріалів місткістю не більше 3,0 дм³ — не більше 10 діб. За результатами досліджень розробляється пакет нормативно-технічної документації «Птиця варена методом су-від».

При застосуванні у виробництві технології су-від для безпечності продукції необхідно опиратися на концепцію НАССР з використанням таких критичних контрольних точок, як якість сировини і герметичність упаковки.

Література

1. Carlin F. Microbiology of Sous-vide Products. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2014. Vol. 2. P. 621—626.
2. Hoeche U. (2016). The Sous Vide Revolution. *Coming Full Circle and Beyond. Dublin Gastronomy Symposium. Food and Revolution*. 2016. P. 109—114.
3. Fabiane de Moraes. (2016). Sous vide of bovine meat (muscle semitendinosus): effects of processing conditions and comparison with cook chill and conventional systems / Theses of Doctoral Dissertation. Campinas, [Electronic resource <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/321384> / Access date: 03.10.2020].
4. Фофанова Т. С. Технология су-вид — некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности. *Теория и практика переработки мяса*. 2018. № 3(1). С. 59—68.
5. Дриль А. А., Сапожников А. Н. Производство вакуумированных полуфабрикатов высокой степени готовности для питания организованных контингентов населения. *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 11(134). С. 158—164.
6. Byrne B., Dunne G., Bolton D. J. (2006). Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiology*. № 23. P. 803—808.
7. Vajda K. (2015). Enhancement of the microbiological quality of sous-vide cook-chill food preservation system. Theses of Doctoral (PhD) Dissertation. Mosonmagyaróvár. 16 p.
8. Soncu E. D., Haskaraca G., Kolsarici N. (2016). Microbiological, physicochemical, and sensorial characteristics of sous vide «Doner». *62 International Congress of Meat Science and Technology*. 2016. P. 09—38.
9. Diaz P., Nieto G., Garrido M. D., Banon S. (2008). Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*. № 80. 2008. P. 287—292.
10. Cosansu S., Mol S., Alakavuk D. U., Ozturan S. (2013). The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of Sous Vide Packaged Whiting. *Food and Bioprocess Technology*. № 6. 2013. P. 283—289.

TECHNOLOGY OF PROCESSED CHEESES USING DRY WHEY PROTEIN CONCENTRATE

O. Krasulya, V. Olinchuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Processed cheese
Whey protein concentrate
Soy protein isolate
Biological value*

Article history:

Received 18.09.2020
Received in revised form
02.10.2020
Accepted 15.10.2020

Corresponding author:

O. Krasulya

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article substantiates the expediency of adding to processed cheeses dry protein concentrates of dairy and non-dairy derivation, namely whey and soy. The composition of essential amino acids of the selected ingredients was given, which showed that with the addition of the above components it was possible not only to improve the structure and consistency of products, but also to increase the biological value of the final product.

According to organoleptic indicators, a rational amount of protein concentrates was established, which was 4%. The highest taste and odor values were found in the sample with the addition of whey protein. The introduction of soy isolate led to a lower intensity of the smell and aroma of the final product. It was also established that the introduction of protein concentrates into the recipe of processed cheese had a significant impact on the formation of its organoleptic characteristics. Physicochemical parameters of model samples of processed cheeses, which were characterized by approximate values of physicochemical values of the control sample, were studied.

The amino acid score was studied, which gave a general idea of the biological value of the product. Thus, the first limiting amino acid of processed cheeses was isoleucine in all samples. The normalized value (score) was 150 in the first sample, 147.5 — in the second and 155 in the third. To assess the degree of protein utilization, the coefficient of difference of amino acid score was calculated, which was from 22.92 to 25.24, which indicated a high level of amino acid use in the product. When calculating the biological value of proteins of model samples of processed cheeses, high indicators were found in all cheeses, which ranged from 74.76 to 77.08%, which was confirmed by determining the biological value of finished products. The obtained studies confirmed the relevance of enrichment of processed cheeses with whey and soy proteins.

ТЕХНОЛОГІЯ ПЛАВЛЕНИХ СИРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУХОГО СИРОВАТКОВОГО БІЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ

О. О. Красуля, В. П. Олінчук

Національний університет харчових технологій

В статті обґрунтовано доцільність додавання до плавлених сирів сухих білкових концентратів молочного та немолочного походження, зокрема сироваткового та соєвого. Наведено склад незамінних амінокислот обраних інгредієнтів, який свідчить, що з додаванням вищевказаних компонентів є можливість не тільки удосконалити структуру та консистенцію продуктів, а й підвищити біологічну цінність кінцевого виробу.

За органолептичними показниками встановлено раціональну кількість внесення білкових концентратів, яка складає 4%. Найвищі показники смаку та запаху були виявлені в зразку з додаванням сироваткового білка. Внесення соєвого ізоляту призводить до слабшого за інтенсивністю запаху й аромату кінцевого продукту. Також встановлено, що введення до рецептури плавленого сиру білкових концентратів здійснює суттєвий вплив на формування його органолептичних показників. Визначено фізико-хімічні показники модельних зразків плавлених сирів, які характеризувались наближеними величинами фізико-хімічних величин контрольного зразка.

Досліджено амінокислотний скор, який дає загальне уявлення про біологічну цінність виробу. Так, першою лімітуючою амінокислотою плавлених сирів є ізолейцин у всіх зразках. Нормоване значення (скор) складає 150 в першому зразку, 147,5 — в другому та 155 — в третьому. Для оцінки ступеня використання білка обчислено коефіцієнт різниці амінокислотного скору, який становить від 22,92 до 25,24, що свідчить про високий рівень використання амінокислот у продукті. При розрахунку біологічної цінності білків модельних зразків плавлених сирів виявлено високі показники у всіх сирах, які коливаються від 74,76 до 77,08%, що підтверджується й визначенням біологічної цінності готових продуктів. Отримані дослідження підтверджують актуальність збагачення плавлених сирів сироватковими та соєвими білками.

Ключові слова: *плавлений сир, сироватковий білковий концентрат, соєвий білковий ізолят, біологічна цінність.*

Постановка проблеми. В останні роки в молочній промисловості спостерігається суттєве зростання кількості наукових розробок і впроваджень у виробництво молочних продуктів з біологічно цінними добавками та продуктів функціонального призначення. Це викликано зростанням попиту населення на продукти для раціонального та збалансованого харчування [1; 2]. У надзвичайно широкому асортименті сучасних молочних продуктів, що виробляються на вітчизняному ринку, суттєве місце займають плавлені сири та плавлені сирні продукти. За даними Державної служби статистики за попередній рік в Україні було вироблено близько 29 т плавлених сирів. Відомо, що цей сегмент молочних продуктів користується популярністю у споживачів. Виробництво плавлених сирів

не вимагає складного технологічного процесу та дає змогу задовольнити різноманітні вимоги споживачів до смаку сирів, а також виробляти їх при дефіциті сировини. Враховуючи вищезазначене, перспективним направленням наукових розробок є удосконалення технології плавлених сирів шляхом додавання інгредієнтів молочного і немолочного походження з підвищеною біологічною цінністю [3].

Особливістю плавлених сирів є можливість варіювати рецептурний склад, що дає надзвичайно широкі можливості у створенні нових видів цього сегменту молочних продуктів. Вивченням, удосконаленням і розробленням плавлених сирів займалися Г. О. Єресько, С. С. Гуляєв-Зайцев, Н. Н. Ліпатов, Л. А. Забодалова та інші.

Найчастіше наукові розробки присвячені заміні класичних інгредієнтів на ті, що мають підвищену біологічну цінність разом з високими технологічними характеристиками. Так, у науковій розробці пастоподібних плавлених сирів з використанням кисломолочного сиру [4] автором доведено, що його додавання до складу плавлених сирів супроводжується високим рівнем ступеня декальцинування та пептизації білкової основи, що, у свою чергу, забезпечує одержання продуктів високої якості. Крім того, продукт збагачено молочними білками, що підвищує його харчову та біологічну цінність. В іншій науковій розробці передбачено додавання до рецептури плавленого сиру рідкого концентрату сироваткового білкового, отриманого методом ультрафільтрації, та полікомпонентних заквашувальних культур (молочнокислі та біфідобактерії) [5]. Авторами доведено, що додавання вищевказаних компонентів відіграє роль бар'єру для розвитку патогенної й умовно-патогенної мікрофлори та подовжує термін зберігання плавлених сирів.

У пропонованій статті досліджено можливість додавання до плавлених сирів сухих інгредієнтів молочного і немолочного походження: білкового концентрату молочної сироватки та соєвого ізоляту. Фракційний склад білків сухого білкового концентрату порівняно з білками молока наведено в табл. 1 [6].

Таблиця 1. Фракційний склад білків сухого білкового концентрату і білків молока

Фракції білків	Білки сироваткового концентрату		Білки молока	
	г в 100 г сухого КСБ	% до суми білків	г в 100 г сухого молока	% до суми білків
α_{s1} -казеїн	0,7±0,04	4,4	1,5±0,06	43,6
α_{s2} -казеїн	0,05±0,01	0,3	0,1±0,01	2,8
β -казеїн	0,4±0,02	2,4	1,0±0,04	28,0
γ -казеїн	0,1±0,01	0,6	0,3±0,01	8,5
β -лактоглобулін	10,2±0,6	61,5	0,4±0,01	11,5
α -лактоглобулін	2,5±0,1	15,1	0,1±0,01	2,8
Імуноглобуліни	1,4±0,05	8,5	0,05±0,01	1,4
Неідентифіковані фракції	1,2±0,04	7,2	0,05±0,01	1,4

Згідно з табл. 1, сироватковий білковий концентрат містить у своєму складі β -лактоглобуліну близько 61,5%, α -лактоглобуліну — близько 15,1% тощо, що свідчить про високу біологічну цінність продукту.

Соєві ізоляти відрізняються від інших соєвих продуктів підвищеним вмістом білку (92,0%), низьким вмістом жиру (0,5%). Спосіб отримання: виділення білку хімічним способом зі знежиреного шроту [7; 8]. Вміст незамінних

амінокислот у сухому концентраті сироватковому білковому та соєвому ізоляті наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Вміст незамінних амінокислот у сухому концентраті сироватковому білковому та соєвому ізоляті

Незамінні амінокислоти	СКСБ	СІ	Рекомендації ФАО/ВООЗ (ідеальний білок), г %
Валін	5,3	4,6	5,0
Ізолейцин	5,2	4,14	4,0
Лейцин	7,9	9,12	7,0
Лізин	7,2	5,81	5,5
Метіонін+цистин	2,3	2,92	3,5
Треонін	4,2	4,19	4,0
Триптофан	1,4	0,61	1,0
Фенілаланін+тирозин	4,9	8,65	6,0

Засвоюваність білкового ізоляту складає 80...86%, як і в молочного білка. Також білковий соєвий ізолят володіє такими технологічними властивостями, як зв'язування жирів — 1:5, зв'язування вологи — 1:5, має суттєвий вплив на текстуру основного продукту [8; 9]. Тому, ймовірно, додавання сироваткового білкового концентрату та соєвого ізоляту до плавленого сиру сприятиме підвищенню не лише біологічної цінності, а й покращенню консистенції готового продукту.

Мета статті: розроблення технології плавленого сиру з додаванням білкових інгредієнтів молочного і немолочного походження — сироваткового білкового концентрату та соєвого ізоляту, а також дослідження впливу цих компонентів на фізико-хімічні показники та біологічну цінність готового продукту.

Матеріали і методи. Модельні зразки плавлених сирів готували за класичною технологією в лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій. Як основні інгредієнти використано таку сировину: сир твердий сичужний голландський з м. ч. сухої речовини 45%, сир нежирний з м. ч. сухої речовини 40%, сир кисломолочний з м. ч. жиру 9% та сухої речовини 40%, масло селянське з м. ч. жиру 72,5% та сухої речовини 75%, солі-плавителі, воду питну. Як додаткові інгредієнти використовували сухий концентрат сироватковий білковий [10], виробник: ТОВ «Гадячсир», м. Гадяч, Україна. Також додавали соєвий ізолят білка марки PRO-VO 500-Y, виробник: Guanxian Ruixiang Co.Ltd, Китай. За даними виробників, в табл. 3 наведено фізико-хімічні показники сухого концентрату сироваткового білкового та соєвого ізоляту.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники сухого концентрату сироваткового білкового (СКСБ) та соєвого ізоляту (СІ)

Назва показника	Значення	
	СКСБ	СІ
Масова частка сухих речовин, %, не менше у тому числі	96,0	96,0
загального білка	55,0	92,0
вуглеводів	30,0	2,5
Кислотність відновленого концентрату до масової частки сухих речовин 9,6 %, °Т, не більше	28	—
Індекс розчинності, мл сирого осаду, не більше	0,3	—
Сирої клітковини, %	—	0,5

Кількість додаткового введених білкових інгредієнтів у суміші для плавлення варіювали таким чином:

- контроль — зразок без додавання додаткових інгредієнтів;
- 1 і 2 зразок — додавання СКСБ в кількості 4 та 8%;
- 3 і 4 зразок — додавання СІ в кількості 4 та 8%;
- 5 і 6 зразок — додавання СКСБ та СІ у співвідношенні 50:50 в кількості 4 та 8%.

Органолептичну оцінку зразків плавлених сирів проводили із застосуванням 10-бальної шкали, де 1 бал — найнижчі показники і, відповідно, 10 балів — найвищі.

В отриманих плавлених сумішах досліджували такі показники: масову частку жиру згідно з ГОСТ 5867, масову частку вологи згідно з ГОСТ 3626, показник титрованої та активної кислотності згідно з ГОСТ 3624.

У зразках плавлених сирів встановлювали амінокислотний скор (АС, %), який визначається як відношення масової частки кожної незамінної амінокислоти в продукті (НАК_{пр}, г/100 г білка) до відповідної незамінної амінокислоти «ідеального білка» (НАК_{ід}, г/100г білка) за амінокислотною шкалою, рекомендованою комітетом ФАО/ВОЗ. Амінокислотний скор (C_j) розраховували за формулою:

$$C_j = \frac{A_j}{A_{ej}} \cdot 100, \quad (1)$$

де A_j — масова частка j-ї НАК у продукті, г/100 г білка; A_{ej} — масова частка j-ї НАК в еталоні для визначеної групи споживачів, г/100 г білка.

При розрахунку коефіцієнта різниці амінокислотного скору (КРАС) використовували два постулати. По-перше, відомо, що перша за своєю дефіцитністю незамінна амінокислота буде визначати такий же ступінь використання всіх інших незамінних амінокислот на пластичні потреби організму, тобто на біосинтез білків тканин. По-друге, всі надлишкові незамінні амінокислоти повинні використовуватись як джерело енергії, тобто метаболічно дефіцитні незамінні амінокислоти рівноцінні надлишковим. Виходячи з цих постулатів, КРАС (%) можна розрахувати за формулою:

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n}, \quad (2)$$

де ΔРАС — змінність амінокислотного скору для кожної незамінної амінокислоти порівняно з її скором в еталоні; n — кількість незамінних амінокислот.

Отже, КРАС є середньою величиною надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот порівняно з найменшим рівнем скору будь-якої незамінної амінокислоти. Чим менше значення КРАС, тим повніше використовуються НАК на потреби біосинтезу. Біологічну цінність можна розрахувати за формулою:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (3)$$

Викладення основних результатів дослідження. На першому етапі досліджень визначали вплив білкових інгредієнтів молочного та немолочного походження на органолептичні показники готових зразків плавлених сирів. Найвищі показники смаку та запаху були виявлені в зразку з додаванням сироваткового

білка в кількості 4%. Додавання соєвого ізоляту призводить до слабшого за інтенсивністю запаху й аромату. При збільшенні кількості білкових інгредієнтів (8%) спостерігається посилення смако-ароматичних властивостей. При додаванні 8% білкових інгредієнтів спостерігалась надто тверда консистенція плавленого сиру. Найвищу балову оцінку за органолептичними показниками отримав зразок сиру з додаванням 4% білкового сироваткового концентрату. Для подальших досліджень обираємо зразки з додаванням 4% білкових інгредієнтів.

Отримані дані свідчать, що введення до рецептури білкових концентратів здійснює суттєвий вплив на формування органолептичних показників плавленого сиру.

Наступним етапом досліджень було визначення фізико-хімічних показників зразків плавлених сирів з додаванням білкових концентратів різного походження (табл. 4). Було виготовлено три модельних зразки плавлених сирів: 1 — з додаванням СКСБ в кількості 4%, 2 — СКСБ 2%+СІ 2%; 3 — СІ-4%. Контроль — плавлений сир без додаткових інгредієнтів.

Таблиця 4. Фізико-хімічних показників зразків плавлених сирів з додаванням білкових інгредієнтів різного походження

Найменування показника	Контроль	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Масова частка жиру, %	40,0	38,3	38,4	38,4
Масова частка вологи, %	50,0	48,6	48,6	48,6
Титрована кислотність, °Т	220,0	224,0	215,0	217,0
Активна кислотність, од. рН	6,15	6,1	6,1	6,1

Згідно з даними (табл. 4), білкові інгредієнти молочного та немолочного походження певною мірою впливають і на фізико-хімічні характеристики плавлених сирів. Масова частка жиру в сухій речовині становить 38,3...38,4%, тоді як у контрольному зразку — 40%. Усі досліджені зразки плавлених сирів характеризувались наближеними величинами фізико-хімічних показників до контрольного зразка.

Наступним етапом досліджень було встановлення впливу доданих інгредієнтів на біологічну цінність плавлених сирів. Як відомо, скор кожної амінокислоти дає загальне уявлення про біологічну цінність виробу. Використання організмом білка на анаболітичні потреби організму обмежується вмістом лімітуючої амінокислоти, а весь надлишковий вміст інших есенціальних речовин іде на компенсацію енерговитрат і біосинтез замічних амінокислот. Амінокислотний скор дослідних зразків плавлених сирів порівняно зі шкалою ФАО/ВООЗ наведено на рис. 1.

Дані рис. 1 свідчать, що першою лімітуючою амінокислотою плавлених сирів є ізолейцин у всіх зразках, нормоване значення (скор) якої складає 150 в першому зразку, 147,5 — в другому та 155 — в третьому, що більше за аналогічне значення для «ідеального» білка на величину $(C_{K1}-100) = -50,0$, $(C_{K2}-100) = -47,5$, $(C_{K3}-100) = -55,0$. У загальному випадку вказана величина характеризує мінімальний надлишок $(C_K > 100)$ першої обмежуючої незамінної амінокислоти досліджуваного продукту відносно еталону.

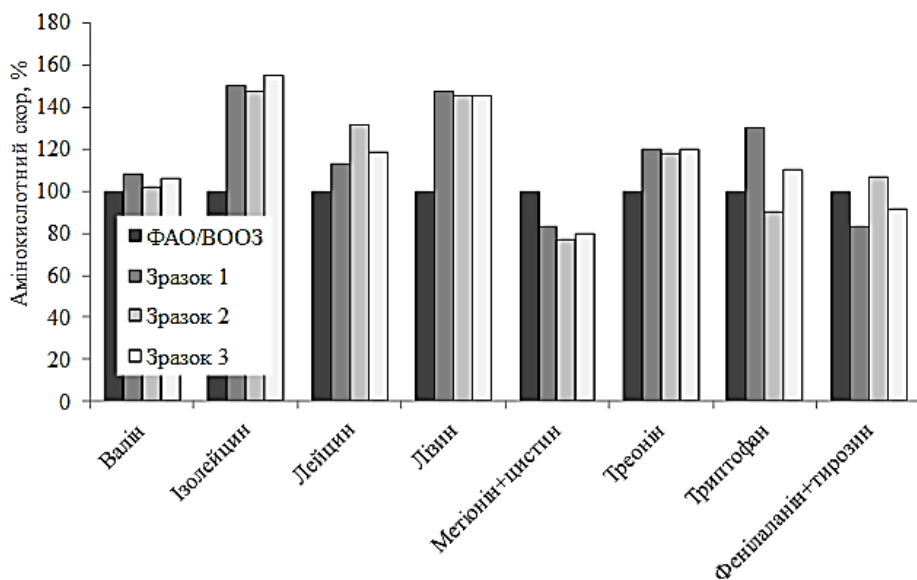


Рис. 1. Амінокислотний скор дослідних зразків плавлених сирів порівняно зі шкалою ФАО/ВООЗ

Для оцінки ступеня використання білка обчислено коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС) — середню величину надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот порівняно зі скором лімітуючої амінокислоти. Чим менше значення КРАС, тим повніше в продукті використовуються амінокислоти. Оцінку збалансованості амінокислотного складу білків у дослідних зразках плавлених сирів наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Оцінка збалансованості амінокислотного складу білків у дослідних зразках плавлених сирів

Показник	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС)	25,24	22,93	22,92
Біологічна цінність (БЦ), %	74,76	77,07	77,08

Враховуючи інформаційні дані, наведені в табл. 5, можна зробити висновок, що всі зразки плавлених сирів мають високі показники біологічної цінності. Так, значення БЦ коливаються від 74,76 до 77,08%. Деяко вищі значення спостерігаються у зразках з додаванням соєвого білкового ізоляту.

Висновки

Обґрунтовано доцільність додавання до рецептури плавленого сиру білкових концентратів молочного та немолочного походження, зокрема сироваткового білкового концентрату та соєвого білкового ізоляту.

Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники модельних зразків плавлених сирів. Виявлено, що раціональна кількість білкових добавок становить 4%. При цьому готовий продукт набуває приємних смако-ароматичних показників, гомогенної консистенції.

При дослідженні біологічної цінності білків модельних зразків плавлених сирів виявлено високі показники у всіх сирах. Дещо вищі значення в зразках з додаванням соєвого білкового ізоляту. Про це свідчить коефіцієнт різниці амінокислотного скору, який майже на 2,5% більший порівняно зі значенням зразків з додаванням сироваткового концентрату, що підтверджується результатами визначення біологічної цінності плавлених сирів.

Література

1. Hongjuan Li Airong Qin, Hongmei Yu et. al. Effects of pre-emulsification with heat-treated whey protein on texture and microstructure of processed cheese. *LWT*. 2020. Vol. 124. 109185.
2. Talbot-Walsh G., Kannar D., Selomulya C. pH effect on the physico-chemical, microstructural and sensorial properties of processed cheese manufactured with various starches. *LWT*. 2019. Vol. 111. PP. 414—422.
3. Inouea K., Fub W., Nakamura T. Explaining the different textures of commercial processed cheese from fractured structures. *International Dairy Journal*. 2019. Vol. 97. PP. 40—48.
4. Бовкун А. О. Дослідження фізико-хімічних процесів плавлення і розробка технології пастоподібних плавлених сирів з використанням кислomолочного сиру: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.04 Київ, 2004. 22 с.
5. Молибога Е. А. Разработка технологии плавленого сыра для функционального питания: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.18.04. Улан-Удэ, 2008. 20 с.
6. Савченко О. А., Грек О. В., Красуля О. О. Актуальні питання технології молочно-білкових концентратів: теорія і практика. Монографія. К.: ЦП «Компринт», 2015. С. 293.
7. Хвьяля С. И. Пчелкина В. А. Структурно-функциональные особенности соевых белковых продуктов. *Мясной бизнес*. 2008. № 7. С. 24—28.
8. Бейко Л. А., Мельничук О. Є., Хоренжий Н. В. та ін. Соє і соєві продукти — незамінні компоненти в харчуванні людей. *Харчова наука і технологія*. 2009, № 1(6). PP. 18—21.
9. Chuan-He Tang. Nanostructured soy proteins: Fabrication and applications as delivery systems for bioactives. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 91. PP. 92—116.
10. ДСТУ 4458:2005. Концентрати білкові молочні. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 9 с.

THE TECHNOLOGY OF KETCHUP ENRICHED WITH SELENIUM

V. Prymenko

Dnipro Faculty of Management and Business of Kyiv University of Culture

A. Gelikh

Sumy National Agrarian University

M. Golovko, T. Golovko

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Technology
Ketchup
Selenium
Selenium-protein dietary
supplement
Sauce
Quality*

Article history:

Received 10.09.2020
Received in revised form
24.09.2020
Accepted 08.10.2020

Corresponding author:

A. Gelikh

E-mail:

gelihsumy@gmail.com

ABSTRACT

The purposes of the article were to develop the ketchup technology using the organic Selenium compounds and to study the quality of such sauce. Selenium-protein dietary supplement (SPDS) “Neoselen”, ketchups made by classical production technology and enriched with selenium were selected as objects of the study. The technologies of SPDS “Syvoselen Plus” and “Neoselen” containing organic compounds of Se were developed.

At the article, the expediency of application of the developed SPDS in the food products’ technology (ketchup) was proved. The technology of ketchup “Selenovy” using the SPDS “Neoselen” was developed.

The evaluation of organoleptic quality indices of the developed sauce was carried out which proved the promising of their production by an expert method.

The microbiological parameters of sauce with SPDS during the standard validity periods (45 days) were investigated. SPDS “Neoselen” had a positive effect on microbiological quality indicators of the sauce that was proved by the same research results for sauce with and without the additive. Antagonistic influence of SPDS on the studied groups of pathogenic microorganisms was revealed. This additionally confirmed the expediency of use of SPDS in the technology of sauce.

The organoleptic, physical and chemical indicators of the developed product’s quality were investigated. Thus, ketchup “Selenovy” meets the requirements of regulatory and technical documentation (STB 1000-96). According to a complex quality index, an acceptable level of cost, patent protection and consumer satisfaction, the high index of competitive suitability of developed products was established: ketchup “Selenovy” obtained 91.62 units (max=100 units).

The obtained data form the basis for the practical implementation of Selenium-enriched ketchup production at restaurants and food processing enterprises.

ТЕХНОЛОГІЯ КЕТЧУПУ, ЗБАГАЧЕНОГО СЕЛЕНОМ

В. Г. Применко

*ВП «Дніпровський факультет менеджменту
і бізнесу Київського університету культури»*

А. О. Геліх

Сумський національний аграрний університет

М. П. Головко, Т. М. Головко

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті розроблено технологію кетчупу, що містить сполуки органічного селену, та досліджено показники якості такого соусу. Як об'єкт дослідження обрано добавку дієтичну селен-білкову (ДДСБ) «Неоселен», кетчуп за класичною технологією виробництва та кетчуп збагачений селеном.

Обґрунтовано доцільність застосування ДДСБ «Неоселен», що містить органічні сполуки Se, в технології харчової продукції (кетчупу). Розроблено технологію кетчупу із використанням ДДСБ «Неоселен». Проведено оцінювання органолептичних показників якості розробленої соусної продукції експертним методом, що доводить перспективність її виробництва.

Досліджено мікробіологічні показники кетчупу із ДДСБ впродовж стандартних термінів придатності (45 діб). ДДСБ «Неоселен» має позитивний вплив на мікробіологічні показники якості соусу, що доведено однаковими результатами досліджень для соусу із добавкою та без неї. Виявлено антагоністичний вплив ДДСБ на досліджувані групи патогенних мікроорганізмів. Це додатково підтверджує доцільність використання ДДСБ у технології соусу.

Досліджено відповідність органолептичних, фізико-хімічних показників якості розробленої продукції. Розроблений кетчуп задовольняє вимоги нормативно-технічної документації (СТБ 1000-96). Встановлено високу перспективність розробленої продукції за комплексним показником якості, прийнятним рівнями собівартості, патентної захищеності та задоволення потреб споживачів. Так, кетчуп «Селеновий» має показник конкурентопридатності 91,62 од. (max=100 од.).

Отримані дані складають основу для практичного впровадження технології виробництва кетчупу, збагаченого селеном, на підприємствах ресторанного господарства і харчової промисловості.

Ключові слова: технологія, кетчуп, селен, добавки дієтичні селен-білкові, соус, якість.

Постановка проблеми. Дисбаланс нутрієнтного складу більшості сучасних продуктів харчування українців, постійний дефіцит незамінних факторів у раціонах та зміна структури харчування призводять до порушення процесів обміну в організмі, виникнення аліментарно залежних станів. З-поміж незамінних факторів харчування виділяють мінеральні сполуки, які, здебільшого, споживаються

людством у недостатній кількості. Серед особливо дефіцитних виділяють органічні сполуки селену — потужного канцеропротектора, регулятора обмінних процесів, антиоксиданта, антимутагена. Тому актуальним напрямком наукових досліджень у галузі харчування є розробка та впровадження нового підходу до проектування рецептур харчових продуктів, збалансованих за нутрієнтним складом, особливо страв щоденного вжитку. До таких страв належать соуси.

Сучасний ринок соусів дуже різноманітний і гнучкий. Найпоширенішими на ринку України є такі різновиди, як гірчиця або гірчичний соус, майонез, кетчуп або томатний соус. Вони характеризуються високими споживчими властивостями, засвоюваністю, можливістю регулювання хімічного складу, харчової та біологічної цінності, калорійності, технологічних і функціональних властивостей.

Значний розвиток хімічної та харчової промисловостей спонукав до виникнення індустрії дієтичних добавок з метою збагачення продуктів вітамінами, мінеральними речовинами та іншими харчовими компонентами. Так, введення до складу добавок амінокислотних комплексів із селеном здатне підвищити опір організму захворюванням техногенного походження та покращити загальний стан здоров'я людини.

Збагачення харчової продукції білок-селеновими комплексами, що складають основу ДДСБ, — один із можливих варіантів одержання продукції оздоровчого призначення. ДДСБ може бути використана не тільки як джерело вищезгаданого нутрієнта, а також як емульгатор дисперсних систем, таких як кетчупи. Її введення до рецептури соусів не повинно негативно впливати на органолептичні показники їх якості, має підвищувати емульсійну стійкість, збільшувати вміст органічного селену, що й зумовлює актуальність означених досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані із науковим обґрунтуванням і розробкою технологій емульсійних продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення, досліджувались провідними вітчизняними та зарубіжними вченими: Г. В. Дейниченком, Г. М. Постновим, Ф. Ф. Гладким, Т. В. Арутюнян, D. J. McClements, B. Ozturk, C. Chung, G. Smith, B. Degner та ін. [1—5].

Провідними вченими розроблено ряд технологій збагачених харчових продуктів емульсійного типу, зокрема соусів. Відомий спосіб отримання майонезу за допомогою ультразвуку. За показником дисперсності отриманий продукт не поступається приготовленим за традиційними технологіями. Реалізація цього способу дасть змогу підвищити якість готового продукту за рахунок використання ультразвукової обробки, знизити його собівартість, інтенсифікувати технологічний процес за рахунок одночасного поєднання процесів гомогенізації та емульгування [2]. Знайшла практичне застосування технологія маргарину та майонезу з використанням пророщених злаків [3].

Велика кількість публікацій присвячена закономірностям основних фізико-хімічних механізмів, що відповідають за стабільність соусів на основі емульсії [4; 5].

Науковцями знайдено ряд рішень проблеми компенсації аліментарної елементної залежності шляхом використання сировини рослинного походження (наприклад, водорості ламінарії), яка потребує часу на відновлення, певних умов вирощування, а головне, немає можливості корелювати вміст функціональних елементів у ній (йоду, селену тощо).

На відміну від вищеозначеної сировини, ми пропонуємо варіант вирішення проблеми збагачення їжі есенціальним селеном шляхом використання ДДСБ «Неоселен», яка відрізняється від інших функціональних компонентів тим, що має регульовані мінеральні характеристики за рахунок повноцінного молочного білка, мінеральних речовин, має низьку собівартість і високу ефективність технологічного процесу її одержання [6]. Потенціал використання ДДСБ «Неоселен» розкрито в технології емульсій за типом «жир у воді» [7]. Нині науковий інтерес викликає можливість застосування ДДСБ в інших дисперсних системах, на кшталт кетчупу.

Сировинним інгредієнтам кетчупів притаманні високі харчові, смакові й дієтичні властивості. Клітковина і пектин м'якоті помідорів покращують перистальтику кишківника, зв'язують шкідливі речовини, які утворюються внаслідок порушення травлення. Наявний у плодах холін знижує вміст холестерину в крові, запобігає жировому переродженню печінки, підвищує імунні властивості організму, сприяє утворенню гемоглобіну. За рахунок високого вмісту калію, кальцію, заліза, фосфору, хлору, сірки, марганцю плоди томату нормалізують артеріальний тиск, підсилюють імунітет до збудників запалення легень (пневмококів), кишкових інфекцій (сальмонел), дизентерії. Фітонциди плодів затримують розвиток патогенних для людини мікроскопічних грибів [8]. Вищеозначене і зумовлює актуальність розроблення технології кетчупу, збагаченого селеном.

Мета статті: розробка технології кетчупу, збагаченого сполуками органічного селену, та дослідження показників конкурентопридатності розробленого соусу.

Матеріали і методи. Органолептичні показники кетчупу оцінювали за 5-бальною шкалою. Контролювались такі показники: смак, запах, колір, консистенція, зовнішній вигляд, яким було присвоєно кількісне вираження в балах.

Активну кислотність дослідних і контрольних зразків кетчупу визначали потенціометричним методом за ГОСТ 25754-85. Масову частку вологи дослідних та контрольних зразків кетчупу — за ДСТУ 7621:2014. Кількість бактерій групи кишкових паличок (коліформні бактерій) — за ГОСТ 9225. Кількість бактерій групи *Salmonella* — за ДСТУ IDF 93A. Кількість бактерій групи *Listeria monocytogenes* — за ДСТУ ISO 11290-1, ДСТУ ISO 11290-2. Кількість бактерій групи *Staphylococcus aureus* — за ГОСТ 30347.

Викладення основних результатів дослідження. Предметом удосконалення було обрано продукт, який представляє собою гомогенну полідисперсну харчову систему, соус за типом кетчуп. Для опису технології виробництва кетчупу, збагаченого селеном, що містить добавку (ДДСБ) «Неоселен», нижче наведено технологічну схему його виготовлення (рис. 1).

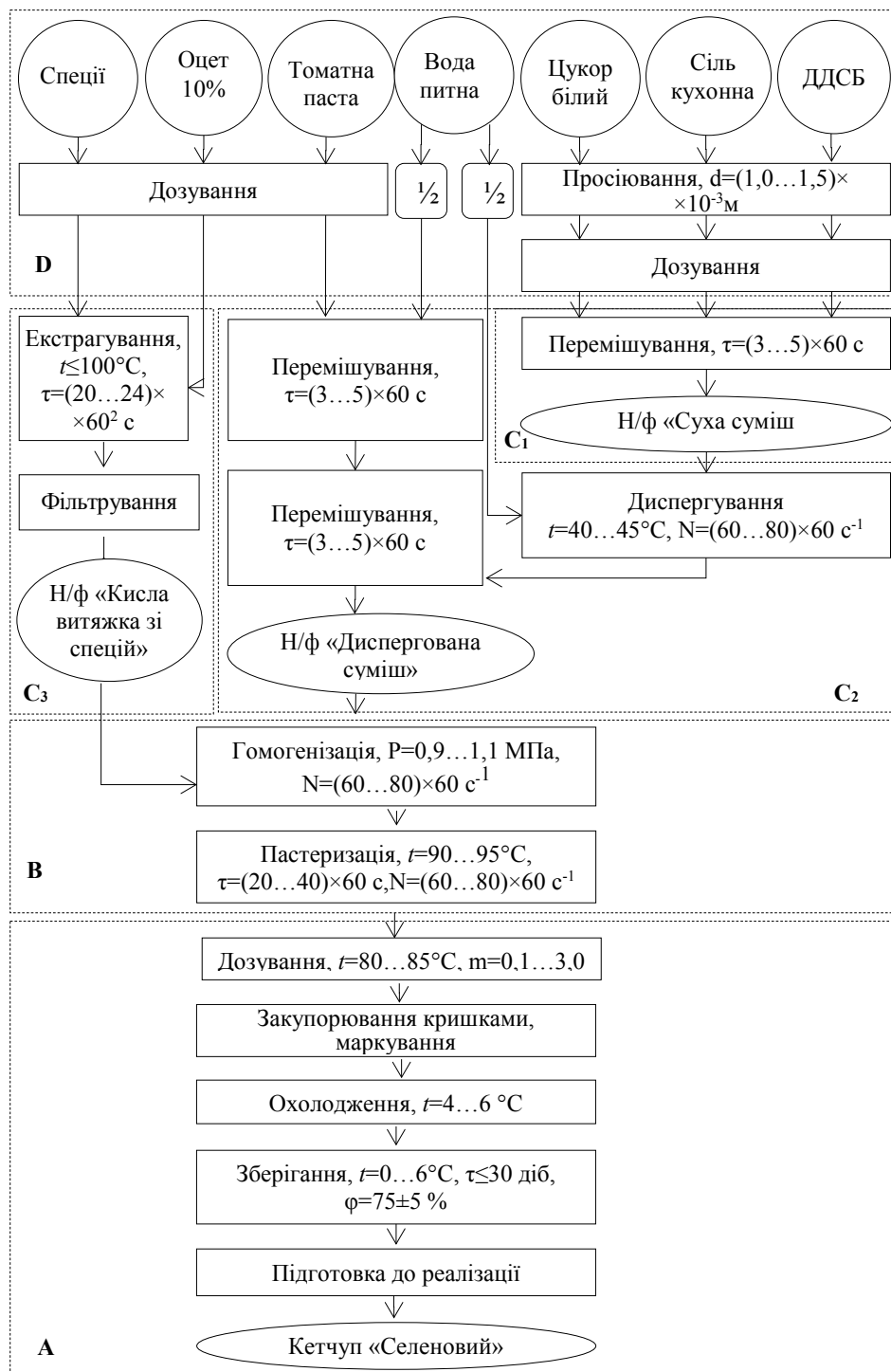


Рис. 1. Технологічна схема виробництва кетчупу «Селеновий»

Технологічна система одержання кетчупу «Селеновий» подана як цілісна система, в межах якої виділено підсистеми D, C₁, C₂, C₃, B, A. Цілі функціонування окремих підсистем наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика підсистем кетчупу «Селеновий»

Позначення підсистеми	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	Одержання кетчупу «Селеновий»	Підготовка до реалізації та одержання харчового продукту із заданими властивостями та складом
B	З'єднання компонентів і приготування соусу	Послідовне здійснення операцій з отримання напівпродукту: теплової обробки, формування його структурно-механічних властивостей, запобігання передчасному структуроутворенню в напівпродукті. Формування показників якості продукту
C ₁	Підготовка і технологічна обробка сипких інгредієнтів. 3 стадія	Приготування суміші сипких інгредієнтів до гідратації з подальшим диспергуванням
C ₂	Одержання полідисперсної емульсії	Приготування багатокомпонентної емульсії на основі томатної пасты і напівфабрикату «Суша суміш» диспергуванням
C ₃	Підготовка та механічна обробка смако-ароматичних речовин	Створення умов для повноцінної екстракції ароматичних і смакових речовин із сировини до напівфабрикату, зниження мікробіологічного обсіменіння
D	Підготовка компонентів	Дозування сипких інгредієнтів та їх просіювання

Функціонування підсистем скероване на одержання вихідного результату функціонування системи — отримання соусу. За показниками якості кетчуп «Селеновий» повинен відповідати вимогам СТБ 1000-96 (табл. 2).

Таблиця 2. Органолептичні показники кетчупу «Селеновий»

Назва показника	Характеристика продукту	
	Контроль (СТБ 1000-96)	Кетчуп «Селеновий»
Зовнішній вигляд	Однорідна протерта маса із суміші концентрованих томатних продуктів, з дрібними частинками прянощів	
Консистенція	Однорідна	
Смак і запах	Кисло-солодкий, помірно солоний, відповідний суміші використовуваних компонентів, без сторонніх присмаку і запаху	
Колір	Відповідний суміші використовуваних компонентів, що пройшли теплову обробку	

Застосування ДДСБ «Неоселен» у технології кетчупу не змінює органолептичних показників кінцевого продукту, розроблений соус не відрізняється від традиційного.

Було проведено сенсорний аналіз за класичною методикою балового визначення основних органолептичних дескрипторів (кольору, запаху, смаку, зовнішнього вигляду та консистенції). У ході аналізу встановлено, що розроблений соус володіє високими органолептичними показниками порівняно із контрольним зразком. Так, при інтерпретації даних у бальну форму досліджувана продукція отримала: кетчуп (контроль) — 4,23 бала, кетчуп «Селеновий» — 5,00 балів.

На рис. 2 графічно представлено органолептичні показники кетчупу «Селеновий» (рис. 2). Тож, введення до рецептури соусу ДДСБ «Неоселен» у кількостях, що відповідають половині добової потреби в селені, не впливає на його органолептичні показники. Це, у свою чергу, зумовлює його конкурентну спроможність на ринку аналогічної продукції та сприяє формуванню попиту на таку продукцію у потенційної аудиторії споживачів.

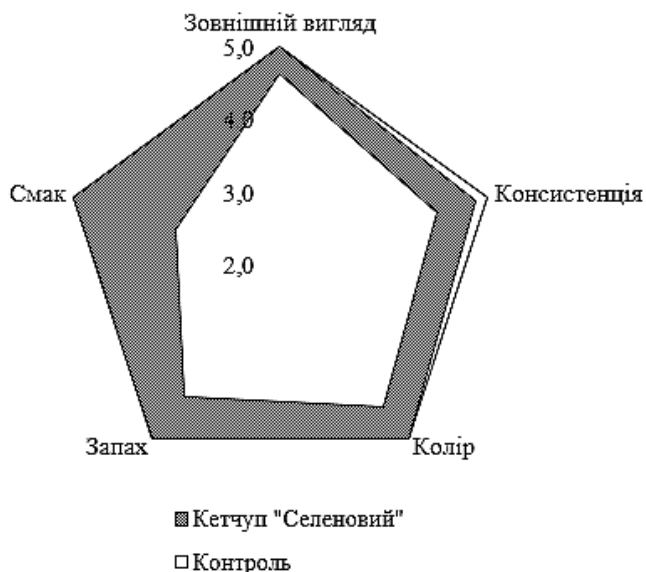


Рис. 2. Органолептичний профіль кетчупу із ДДСБ «Неоселен»

Фізико-хімічні показники якості кетчуп «Селеновий» наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники якості кетчуп «Селеновий»

Найменування показників	Значення
Масова частка жиру, %	5,0±0,2
Масова частка вологи, %	30,0±0,5
Кислотність у перерахунку на оцтову кислоту, %	2,3±0,4
Масова частка розчинних сухих речовин, %	14,0±0,5
Масова частка 30-відсоткової томатної пасты, %	28,0±0,6
Масова частка селену, мкг/100 г,	105,0±0,5

У ході практичної реалізації у виробничих умовах технології кетчупу «Селенового» встановлено, що виробничий процес виготовлення кетчупу «Селенового» не потребує переобладнання традиційного машино-апаратного комплексу

технологічного обладнання, тобто залучення додаткових капітальних інвестицій у виробництво цієї продукції.

Результати спостережень за зміною мікробіологічних показників якості зразків соусів під час їх зберігання наведені в табл. 4. ДДСБ «Неоселен» має позитивний вплив на мікробіологічні показники якості кетчупу, про що свідчать однакові результати досліджень для соусу із добавкою та без неї. ДДСБ чинить антагоністичний вплив на досліджувані групи патогенних мікроорганізмів. Це додатково підтверджує доцільність використання ДДСБ у технології кетчупу.

Таблиця 4. Мікробіологічні показники кетчупу із ДДСБ «Неоселен» та контрольного зразка

Найменування показника	Соуси із ДДСБ та контрольний зразок		
	Термін зберігання		
	1 день	1 тиждень	45 діб
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,01 г	Не виявлені		
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Salmonella, в 25 г	Не виявлені		
Дріжджі, КУО в 1 см ³	менше ніж 1×10	1×10	1×10 ²
Плісняві гриби, КУО в 1 см ³	Не виявлені		

Відповідно до методики оцінки конкурентопридатності за М. І. Пересічним [9] проведено дослідження конкурентопридатності кетчупу із ДДСБ. Розраховані вихідні дані для побудови профілів якості соусів (рис. 3).

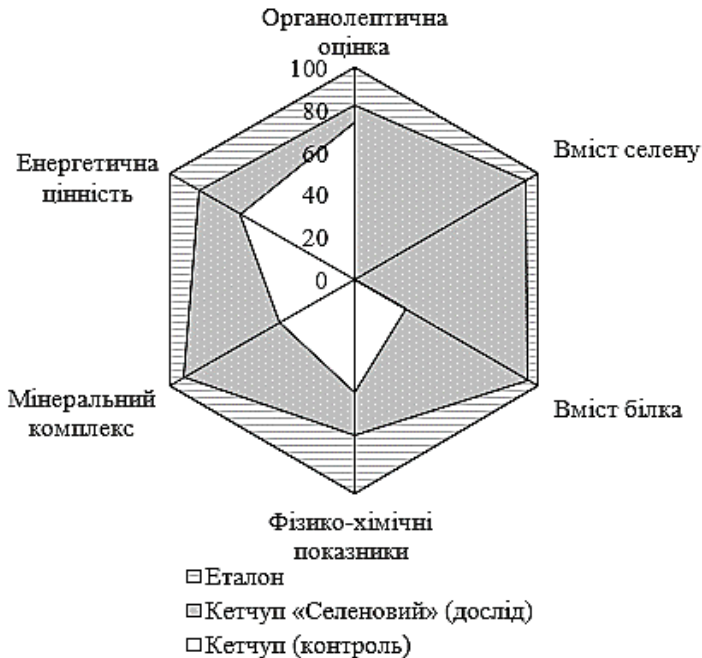


Рис. 3. Профілі якості кетчупів

Профіль якості кетчупу «Селеновий» із ДДСБ має більшу площу поверхні порівняно з контрольним зразком і наближаються до якості еталонного завдяки підвищеному вмісту мікроелементів (зокрема, селену), білків, харчових волокон, підвищеній енергетичній цінності.

Профілі чітко вказують на переваги розробленого кетчупу перед контрольним зразком: поліпшення оцінюваних показників знаходиться в інтервалі від 1,5 до 5 разів.

При визначенні приведенного показника рівня собівартості (РС) враховували його обернений вплив на конкурентопридатність продукції (РС-к). Комплексні показники конкурентопридатності соусу перевищують відповідні значення контролю і становлять для кетчупу «Селеновий» з ДДСБ «Неоселен» — 91,62 од., що відповідає високоперспективній продукції.

Результати розрахунку комплексного показника конкурентопридатності розробленого продукту наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Узагальнена оцінка конкурентопридатності нового кетчупу

Показник	Коефіцієнт вагомості, т, од.	Еталон	Оцінка зразків кетчупу	
			Контроль	із ДДСБ «Неоселен» (дослід)
Комплексний показник якості	0,43	100,00	45,89	87,20
Рівень собівартості	0,24	100,00	100,00	51,33
Патентна захищеність	0,15	100,00	33,00	67,00
Рівень задоволення потреб споживачів	0,18	100,00	77,00	84,50
Комплексний показник конкурентопридатності, од.	—	100,00	53,61	91,62
Характеристика конкурентопридатності продукції	—	Високоперспективна продукція	Малоперспективна продукція	Високоперспективна продукція

За результатами проведених розрахунків показників конкурентопридатності, що наведені у табл. 5, побудовано модель конкурентопридатності розробленого продукту (рис. 4).

З рис. 3 та 4 видно, що кетчуп «Селеновий» з ДДСБ «Неоселен» є високоперспективною продукцією, яка має найвищий порівняно із контролем комплексний показник якості, економічно вигідний рівень собівартості, патентної захищеності та задоволення потреб споживачів. Контрольний зразок отримав низьке значення за комплексним показником якості. Це пояснюється тим, що соус-контроль взагалі не містить у своєму складі селену, а також у ньому майже відсутній білок порівняно із дослідним зразком кетчупу «Селенового».

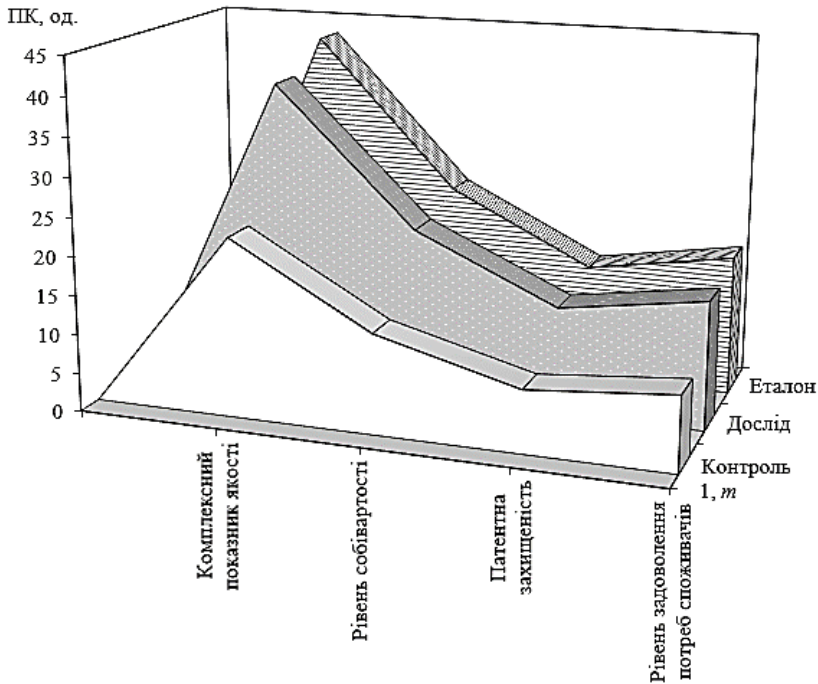


Рис. 4. Моделі конкурентопридатності кетчупів: ПК — показник конкурентопридатності, од.; m — вагомість i -го показника конкурентопридатності, од.

Висновки

Застосування ДДСБ «Неоселен» у технології кетчупу є доцільним, оскільки дає змогу збагатити селеном готовий продукт, а також зменшити рівень його собівартості за рахунок заміни нею традиційних вартісних стабілізаторів та емульгаторів. Розроблена продукція є високоперспективною за комплексним показником якості, прийнятним рівнями собівартості, патентної захищеності та задоволення потреб споживачів. Отримані дані складають основу для практичного впровадження технології виробництва кетчупу, збагаченого селеном, на підприємствах ресторанного господарства і харчової промисловості.

Література

1. Спосіб одержання майонезу «Еламіновий»: дек. патент на винахід 94267 Україна: МПК А23L 1/24 (2011.01) / Дейниченко Г. В., Колісниченко Т. О., Архіпова А. Д.; власник ХДУХТ. №200814915; заявл. 24.12.2008; опубл. 26.04.2011. Бюл. № 8.
2. Постнов Г. М., Червоний В. М., Василенко В. Ю. Інноваційний спосіб отримання майонезу. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарств і торгівлі: зб. наук. пр. Харків: ХДУХТ, 2014. Вип. 1 (19). С. 147—152.*
3. Арутюнян Т. В. Технологія маргарину та майонезу з використанням пророщених злаків: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.18.06. Харків, 2014. 18 с.
4. Degner B. M., Chung C., Schlegel V., Hutkins R., McClements D. J. Factors Influencing the Freeze-Thaw Stability of Emulsion-Based Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13, pp. 98—113.
5. Ozturk B., McClements D. J. Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*. 2016. Vol. 7. P. 1—6.

6. Спосіб одержання біологічно активної добавки «Неоселен»: пат. на корисну модель 104883 Україна: МПК А 23 J 1/20, А 61 К 31/095 / Черевко О. І., Головка М. П., Применко В. Г., Головка Т. М.; власник ХДУХТ. № u201507794; заявл. 05.08.2015; опубл. 25.02.2016, Бюл. №4.

7. Головка М. П., Применко В. Г., Головка Т. М. Дослідження конкурентопридатності соусів емульсійного типу, збагачених на селен. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 5/11(77). С. 42—48.

8. Головка М. П., Применко В. Г., Багалій І. В. Розробка технології кетчупу, збагаченого на селен // Тези доп. XIII Всеукр. конф. молодих вчених та студентів з актуальних питань сучасної хімії з міжнародною участю, 19—21 трав. 2015 р. ДНУ ім. О. Гончара. Дніпропетровськ, 2015. С. 104—106.

9. Проектування закладів ресторанного господарства: навч. посіб.: [для вищ. навч. закл.] / [А. А. Мазаракі, М. І. Пересічний, С. Л. Шаповал та ін.]; за ред. А. А. Мазаракі. 2-ге вид., переробл. та допов. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. 340 с.

DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF SPECIAL PURPOSE DELICACY PRODUCTS

M. Paska, O. Radzimovska, M. Byrak

Lviv State University of Physical Culture named after I. Bobersky

Key words:

Delicacy products
Snails
Technology
Quality
Yield

Article history:

Received 24.09.2020
Received in revised form
08.10.2020
Accepted 22.10.2020

Corresponding author:

M. Paska
E-mail:
maria_pas@ukr.net

ABSTRACT

At the present stage, a new promising branch of animal husbandry is being formed in Ukraine. Lviv region is one of the leaders in snail breeding. Snail meat is a dietary product, in no way, inferior to chicken, as it contains a huge amount of useful vitamins, amino acids and trace elements. Snail meat is rich in animal protein, calcium and iron. To create special delicacies, a research monitoring of biological resources as new sources of raw materials was made. These features indicated that the meat of grape snails is characterized by a high content of amino acids, rapid and complete digestion, absence of cholesterol. The article proposes the technology of snail slaughter and processing features, which include washing, cleaning, removal from the shell, sorting. In addition, it was found that snail meat is considered to be suitable for consumption when boiled for 15 minutes, then for the manufacture of semi-finished products or meat fillets more profitable are snails of the natural population — *H. pomatia*. The peculiarities of the heat treatment effect on the yield of meat, with different time intervals, were considered. The method of determining the yield of the finished cooked product, taking into account different time interval of cooking, was proposed and considered. Snail meat was divided into: raw (cooked for 5 minutes), semi-raw (cooked for 10 minutes) and well-cooked (cooked for 15 minutes). According to the results of our research, it can be stated that the meat of *H. pomatia* snails for 5 minutes was boiled (in%) by 24.33; for 10 minutes (in%) by 31.11, and for 15 minutes (in%) by 40.46%, and according to its parameters corresponded to the weight loss during heat treatment of pork.

The conclusions substantiated the technology of new species of delicacies taking into account the yield of the finished cooked product.

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ ДЕЛІКАТЕСНИХ ПРОДУКТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М. З. Паска, О. В. Радзімовська, М. І. Бурак

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського

На сучасному етапі в Україні формується нова перспективна галузь тваринництва — вирощування равликів. М'ясо равликів є дієтичним продуктом, не поступається курячому, оскільки містить величезну кількість корисних вітамінів, амінокислот і мікроелементів, тваринний білок, кальцій, залізо.

Перспективною асортиментною групою сьогодні є нові види делікатесних продуктів спеціального призначення. Для створення делікатесних продуктів спеціального призначення проведено аналіз із розширення міркувань про біологічні ресурси, як нові джерела сировини. Ці особливості вказують, що м'ясо виноградних равликів характеризується високим вмістом амінокислот, швидким і повним засвоєнням, відсутністю холестеролу.

*У статті запропоновано технологію забою равликів та особливості переробки, які включають промивання, очищення, видалення з мушлі, сортування. Крім того, з'ясовано, що м'ясо равликів вважається придатним для споживання при проварюванні його протягом 15 хвилин, тому для виготовлення напівфабрикатів або отримання м'ясного філе більш вигідніші равлики природньої популяції — *H. rotatia*.*

*Визначено особливості впливу термічної обробки на вихід м'яса з різним інтервалом часу. Запропоновано методика визначення виходу готового вареного продукту, враховуючи різний інтервал часу варіння. М'ясо равликів за ступенем готовності поділено на: *sire* (проварене протягом 5 хв), *напівсире* (проварене протягом 10 хв) та *добре проварене* (проварене протягом 15 хв). За результатами досліджень можна стверджувати, що м'ясо равликів *H. rotatia* за 5 хв уварюється (у %) на 24,33; за 10 хв (у %) — на 31,11, за 15 хв (у %) — на 40,46 відповідно, і за своїми параметрами відповідає втратам маси під час термічної обробки свинини.*

У висновках обґрунтовано технологію нових видів делікатесних продуктів спеціального призначення з урахування виходу готового вареного продукту.

Ключові слова: делікатесні продукти, равлики, технологія, якість, вихід.

Постановка проблеми. На сучасному етапі в Україні формується нова перспективна галузь тваринництва, розвиток якої вже найближчими роками призведе до зростання експортних поставок равликів і продуктів їх переробки до країн Європи. Подібна ситуація впливатиме на формування культури споживання страв із равликів і в Україні, які згодом стануть такою ж звичною стравою для українців, як креветки чи мідії.

На сьогодні Львівщина є одним із лідерів з вирощування равликів, загалом на Львівщині уже зареєстровано 20 ферм равликів. Попит на равликів активно зростає, проте культура поїдання молюсків ще не настільки розвинена, як у ЄС, тому розробка нових видів делікатесних продуктів є актуальною [1].

Ніжне м'ясо равликів — дієтичний продукт, який ні в чому не поступається курячому, оскільки містить величезну кількість корисних вітамінів, амінокислот і мікроелементів. У равлику багато тваринного білка, кальцію, заліза. Для створення делікатесних продуктів спеціального призначення було проведено аналіз із розширення міркувань про біологічні ресурси як нові джерела сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. М'ясо виноградних равликів має високу харчову цінність. У філе равликів містяться: 12—18% білка; 1,5% жирів, у складі яких дуже корисні фосфоліпіди (до 50%); 1,1—1,4% вуглеводів; 1,7—2,1% мінеральних солей [1; 2].

Деякі автори (В. А. Бурлака, В. Ф. Шевчук, С. М. Беляєв) навіть рекомендують вживати його сирим, оскільки воно містить біологічно активні речовини і згубно діє на патогенну мікрофлору кишківника [3].

Сучасні тенденції забезпечення якості та безпечності харчових продуктів орієнтовані на розроблення стандартизованих протоколів організації виробництва продукції [4].

М'ясо *Ampullaria glauca* — цінний поживний продукт з радіозахисними властивостями, якому притаманний мембраностабілізуючий ефект. М'ясо ампулярій нормалізує функціональний стан ендокринних залоз, сприяє підтримці показників окислювального фосфорилування печінки на високому рівні та створює в організмі сприятливі умови для прискороного розвитку відновних процесів після іонізуючого випромінювання. М'ясо ампулярій рекомендовано використовувати в оздоровчому харчуванні для підвищення опірності організму [5].

Одержані експериментальні дані дають підстави рекомендувати м'ясо ампулярій до вживання в оздоровчому харчуванні особам, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, проживають на забруднених радіонуклідами територіях, для підвищення опірності організму. Враховуючи поживність м'яса ампулярій, розроблені рецептури делікатесних страв із ампулярій: консерви, пресерви, ампулярії по-французьки, ампулярії в гострій заливці, під майонезом, заморожені, плов з ампуляріями [5].

М'ясо равликів низькокалорійне і тому може використовуватися в дієтах. Якщо порівняти санітарно-гігієнічні показники м'яса, яке отримали від равликів, з м'ясом птиці чи жуйних тварин, то за більшістю показників воно є кращим. Так, у м'ясі слимаків вміст протеїну на рівні 14—16%, а в птиці — 13—14%. Вміст жиру в м'ясі піддослідних слимаків на рівні 0,6—0,7%, тоді як у філе яловичини — 10,5%, а птиці — 10% [6—8; 11].

Один із напрямків збільшення асортименту і поліпшення якості м'ясних продуктів передбачає комплексне використання сировини тваринного та рослинного походження [8—10; 12].

Питання розробки технологій крафтових продуктів нового покоління, збагачених сировиною з високим біологічним і технологічним потенціалом, недостатньо висвітлені в наукових працях, цим і зумовлена науково-практична актуальність поглибленого вивчення окремих технологічних аспектів продуктів нового покоління із високою харчовою та біологічною цінністю.

Мета статті: розробка нових видів делікатесних продуктів спеціального призначення з урахування втрат маси під час термічної обробки.

Викладення основних результатів дослідження. Харчування — один з найважливіших чинників, що визначає здоров'я нації. Саме тому, спираючись на практичний досвід провідних країн світу, сьогодні стрімко підвищується увага вітчизняних представників харчової індустрії до створення безпечних та повноцінних за складом і споживчими властивостями продуктів для оздоровчого харчування шляхом введення в них біологічно-активних добавок — мікронутрієнтів із про- і пребіотичною дією. Впровадження їх у виробництво є одним з напрямків гуманістичної програми харчування людини, проголошеної ООН. В Україні сформовані та реалізуються загальнодержавні програми «Здорова нація», «Здоров'я — 2020: Український вимір» які направлені на профілактику захворювань, пов'язаних з неправильним харчуванням. Оскільки збалансоване харчування є запорукою здоров'я, то цілком доцільно збільшити на вітчизняному ринку продуктів сегмент крафтових продуктів із заданими корисними властивостями [1; 4; 9].

Уперше для досягнення цієї мети було обрано м'ясо наземних моллюсків роду *Helix pomatia* — виноградних равликів. М'ясо виноградних равликів характеризується високим вмістом амінокислот, швидким і повним засвоєнням, відсутністю холестеролу.

При виконанні експериментальної частини роботи застосовували загальноприйняті і спеціальні методи визначення технологічних та органолептичних показників. Теоретико-аналітичні дослідження проводилися з використанням широкого спектра вітчизняних і зарубіжних спеціалізованих літературних джерел, а також всесвітньої інформаційної мережі «Інтернет».

Для досліджень використовували равлики виду *Helix pomatia*, яких збирали в сиру погоду, після дощу, іноді вранці у фермерському господарстві «Західний равлик». Дослідження проводили в умовах лабораторії технології ресторанної продукції Львівського університету фізичної культури імені І. Боберського.

М'ясо равликів за ступенем готовності можна поділити на: сире (проварене протягом 5 хв), напівсире (проварене протягом 10 хв) та добре проварене (проварене протягом 15 хв). Оскільки м'ясо равликів вважається придатним для споживання при проварюванні його протягом 15 хв, то для виготовлення напівфабрикатів або отримання м'ясного філе більш вигідніші равлики природної популяції — *H. pomatia*.

Порівняльна оцінка якості м'яса, хімічного складу та втрати маси при варінні м'яса шматками: яловичини — 38%, баранини — 36%, свинини — 40%, телятини — 36%, узгоджуються із даними дослідників [6; 13].

Оскільки такі крафтові продукти, як равлики з'явилися на ринку не так давно, то користувались іноземними вимогами щодо якості, які дуже вдало поєднуються із вимогами сучасності. Так, «Ветеринарно-санитарные правила по производству мяса и других пищевых продуктов из виноградных улиток и иных моллюсков, заготовке, транспортировке виноградных улиток» (Білорусь) від 26 березня 2012 р., визначають вимоги до території, побутових приміщень, виробничих і допоміжних приміщень, технологічних процесів, обладнання, інвентарю, тари, сировини, заготовляння і транспортування виноградних равликів, пакування, маркування,

умов зберігання і транспортування, проведення дезінсекції, дератизації, дезінфекції та організації виробничого контролю [15]. Також існують вимоги Європейського Союзу №853 від 2004 р. «Guidance on producing, harvesting and importing terrestrial edible snails for human consumption»[16].

Технологія забою равликів та особливості переробки включають промивання, очищення, видалення з мушлі, сортування (рис. 1). Перед формуванням середньої проби м'яса равликів звертали увагу на їхній стан: поведінку, реакцію на зовнішні подразники, рухливість, тобто відбирали лише живих. Для дослідів брали равликів, які в спокійному стані рухались, а у стресовому — ховалися в мушлю. Видаляли їх з мушлі та брали середню пробу.

Для опрацювання результатів були взяті середньостатистичні дані. Кожен зразок м'яса равликів зважували на електронних вагах з точністю до 0,001 г і занурювали в киплячу воду. Співвідношення кожного зразка м'яса і води 1:10. Після закипання води відраховували час кипіння кожної проби: 5, 10 та 15 хвилин. Після закінчення часу м'ясо охолоджували до 45—50°C і знову зважували на вагах. Різницю сирого м'яса до вареного вважали за відсоток виходу готового вареного продукту.

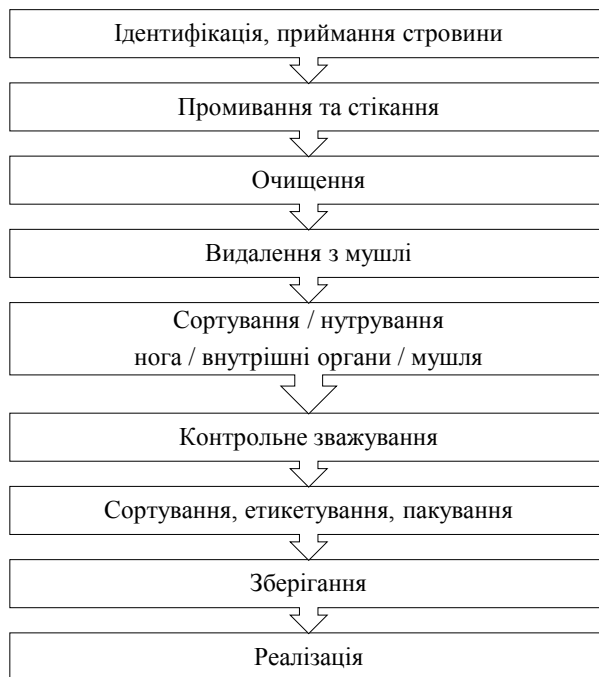


Рис. 1. Принципова технологічна схема первинної переробки равликів

За результатами наших досліджень можна стверджувати, що м'ясо равликів *H. pomatia*, за 5 хв уварюється (у %) на 24,33; за 10 хв (у %) — на 31,11, та, за 15 хв (у %) — на 40,46 відповідно, за своїми параметрами відповідає втратам маси під час термічної обробки свинини.

Таблиця. Вплив термічної обробки на вихід м'яса равликів, $M \pm m$, $n=5$

Дослідні групи	До терм. обробки, г	Після терм. обробки, г	До терм. обробки, г	Після терм. обробки, г	До терм. обробки, г	Після терм. обробки, г
	5 хв		10 хв		15 хв	
Д ₁	15,87±0,45	12,01±0,33	15,78±0,45	10,88±0,26	15,33±0,65	9,13±0,81
Д ₂	15,01±0,34	11,36±0,71	15,32±0,36	10,56±0,31	14,39±0,46	8,57±0,73
Д ₃	14,05±0,37	10,64±0,81	14,64±0,67	10,09±0,62	14,47±0,37	8,62±0,23
Д _{4±}	14,97±0,39	11,33±0,26	15,05±0,23	10,37±0,09	15,08±0,35	8,98±0,46
Д ₅	14,65±0,25	11,09±0,56	14,78±0,44	11,01±0,35	14,66±0,59	8,89±0,38

Відповідно до даних літературних джерел доведено, що чим менша маса мушлі, тим більший вихід м'яса і тим показник індексу вищий. Показник виходу м'яса равликів є відносним [5; 14].

М'ясо равликів вважається справжнім делікатесом завдяки ніжній структурі та вишуканому тонкому смаку. З даних, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що чим більше проварювати м'ясо равликів, тим відсоток більший.

Результати проведених наукових досліджень узгоджуються із даними, наведеними в наукових працях. Зокрема, виявлена залежність: чим менша проба м'яса, тим вихід більший, і чим більше часу проварювати м'ясо, тим його вихід більший.

Висновок

Розроблено технологію нових видів делікатесних продуктів спеціального призначення з урахування виходу готового вареного продукту.

Перспективою подальших досліджень буде подовження терміну зберігання м'яса равликів, використовуючи натуральну рослинну сировину.

Література

1. Равлики завойовують свою нішу в тваринництві. URL: <http://agroportal.ua/ua/views/blogs/ulitki-zavoeyvayut-svoyu-nishu-v-zhivotnovodstve/>.
2. Simonin H., Duranton F. & de Lamballerie M. New Insights into the High-Pressure Processing of Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. V. 11(3). 2012. 285—306.
3. Бурлака В. А., Шевчук В. Ф., Беляєв С. М. Вирощування слимака роду *Helix pomatia* в умовах Полісся України // Еколого-функціональні та фауністичні аспекти досліджень моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища / Збірн. наук. пр. Житомир «Волинь». 2004. С. 15—17.
4. Bal'-Prylypko L. V., Slobodianiuk N. M., Polishchuk G. Ye., Paska M. Z., Burak V. Ye. Standardization, Metrology, Certification and Quality Management, Manual. Komprint. Kyiv: Komprint. 2017. 558 p.
5. Баль-Прилипко Л., Дерев'яно Л., Андрощук О. Використання делікатесного м'яса ампулярій в оздоровчому харчуванні. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 3. С. 13—18.
6. Паска М. З Порівняльна оцінка якості яловичини NOR, PSE та DFD. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 3(10). С. 59—60. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.44496>.
7. Кравців Р. Й., Паска М. З., Личук М. Г. Технологічна оцінка хімічного складу яловичини при застосуванні мікроелементних добавок. *Наукові праці*. Одеса. 2006. Вип. 28, Т. 2. С. 34—36.

8. Paska M., Bal-Prylypko L., Masliichuk O., Lychyk M. Microstructural Analysis of Force-meats of Ready-To-Cook Chopped Meat with Functional Ingredients. *Food science and technology*. 2018. V. 12. Issue 4. P 110—116. URL: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i4.1208>.

9. Паска М., Баль-Прилипка Л. Потенціал автентичних делікатесних м'ясних продуктів у контексті гастрономічного туризму: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми активізації рекреаційно-оздоровчої діяльності населення (23—24 квітня 2020 р., м. Львів). Львів, 2020. С. 283—287. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/25795>.

10. Баль-Прилипка Л. В., Леонова Б. І., Старкова Е. Р., Паска М. З. Виробництво м'ясних сиров'ялених снєків: перспективи та конкурентоспроможність. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького*. 2018. Т 20. № 90. С. 79—83. URL: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9016>.

11. Kausar T., Hanan E., Ayob O. Eds A review on functional ingredients in red meat products. *Bioinformation*. 2019. 15 (5). P. 358—363.

12. Umaraw P., Chauhan G., Mendiratta S. K. Eds. Effect of oregano and bay as natural preservatives in meat bread for extension of storage stability at ambient temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. 44(4). 34—40.

13. Иванкин А. Н., Кузнецова Т. Г. Современные методы оценки качества и безопасности мясного сырья и мясopодуктов. *Все о мясе*. 2005. № 4. С. 26—30.

14. Данілова І. С., Данілова Т. М. Визначення увареності м'яса равликів. *Вісник ПДАА*. 2019. № 2. С. 133—139.

15. Ветеринарно-санитарные правила по производству мяса и других пищевых продуктов из виноградных улиток и иных моллюсков, заготовке, транспортировке виноградных улиток. URL: <https://mshp.gov.by/documents/technical-acts/de495f0b0a810a02.html>.

16. Guidance on producing, harvesting and importing terrestrial edible snails for human consumption. URL: https://www.foodstandards.gov.scot/downloads/Guidance_Document_1.pdf.

TECHNOLOGY OF A COSMETIC LOTION BASED ON HYDROALCOHOLIC EXTRACT FROM CRUSHED GRAPE SEEDS

Ye. Kotliar, S. Vikul, E. Sevastyanova, N. Dets, O. Kruchek
Odesa National Academy of Food Technologies

Key words:

*Natural antioxidants
Aqueous extract
Crushed grape seeds
Cosmetic lotion
Bioactivity*

Article history:

Received 11.09.2020
Received in revised form
24.09.2020
Accepted 08.10.2020

Corresponding author:

Ye. Kotliar
E-mail:
yevhenii11@ukr.net

ABSTRACT

Today, the cosmetic industry tends to develop new formulations using bioactive complexes of natural origin. The market segment of cosmetic products is growing rapidly, thus making it necessary to expand the range of goods and develop new products. To this purpose, new raw materials should be found to become the basis for new cosmetic products with the required functional properties.

In recent years, at the Ukrainian pharmaceutical market, a number of preparations containing grape-seed oil has been advertised. An example is grape-seed extract, which belongs to products that are used as dietary supplements in Ukraine and are considered to be medicinal agents in Russia.

The most promising and effective sources of bioactive complexes are plant raw materials — by-products of grape processing. So, the purpose of this research was to improve the current technologies of obtaining and processing wine-making by-products and to develop cosmetic agents based on them.

The following extracts from crushed grape seeds have been studied: aqueous, alcoholic, and hydroalcoholic. The latter has appeared to be the most active, so it has become the basis for developing the formulation of a facial lotion and the process flow of its manufacture. The lotion made according to the developed technology meets State Standard of Ukraine (DSTU) 4093-2002. Its structure was steady, its colour pleased the eye, and it had fragrance of essential oil. The pH was within the standard limits.

As for the lotion's microbiological safety, its QMAFAnM did not exceed 700 CFU/cm³ on the 33rd day, and 900 CFU/cm³ on the 35th day (normal is not above 1.000 CFU/cm³). The quantity of yeast and mould fungi did not exceed 10 CFU/cm³ on the 33rd day, and 30 CFU/cm³ on the 35th day, while the norm is 100 CFU/cm³.

It has been established that the facial lotion based on hydroalcoholic extract from crushed grape seeds was bioactive, because the electron transfer rate in the system NAD·H₂-K₃Fe(CN)₆ increased in its presence. Its maximum shelf life was 35 days.

ТЕХНОЛОГІЯ КОСМЕТИЧНОГО ЛОСЬЙОНУ НА ОСНОВІ ВОДНО-СПИРТОВОГО ЕКСТРАКТУ З М'ЯТКИ ВІНОГРАДНОГО НАСІННЯ

Є. О. Котляр, С. І. Вікуль, О. В. Севастьянова, Н. О. Дец, О. А. Кручек
Одеська національна академія харчових технологій

Сучасна тенденція в галузі виробництва косметичної продукції спрямована на створення нових рецептур з використанням комплексу біологічно активних речовин природного походження. Швидке зростання сегмента косметичних продуктів в обігу на ринку вимагає розширення асортименту і створення нових видів виробів. Для розв'язання цієї проблеми необхідний пошук нової сировини, на основі якої можна було б створювати косметичні продукти, що володіють заданими функціональними властивостями.

В останні роки на фармацевтичному ринку України рекламуються препарати, що містять олію з виноградного насіння. Так, екстракт з виноградного насіння входить у ряд засобів, відомих в Україні як харчові добавки, а в Росії ці продукти мають статус лікарських препаратів.

Найбільш перспективним і ефективним джерелом комплексу біологічно активних речовин є вторинна рослинна сировина, яка утворюється при переробці винограду. У зв'язку з цим метою дослідження є вдосконалення існуючих технологій отримання та переробки вторинних ресурсів виноробства і створення на їхній основі косметичних засобів.

У статті досліджено водний, спиртовий і водно-спиртовий екстракти на основі м'ятки з виноградного насіння. Найактивнішим виявився водно-спиртовий екстракт, тому саме на його основі розроблена рецептура і технологічна схема косметичного лосьйону для шкіри обличчя. Отриманий за розробленою технологією лосьйон відповідає вимогам ДСТУ 4093-2002. Він має стабільну структуру, приємний колір та аромат ефірної олії. Показник рН знаходиться у нормі.

Показники мікробіологічної безпечності лосьйону на 33 добу, зокрема КМАФАнМ, не перевищує 700 КУО/см^3 , на 35 добу — не більше 900 КУО/см^3 при нормі не більше 1000 КУО/см^3 . Кількість дріжджів і пліснявих грибів не перевищує 10 КУО/см^3 на 33 добу та не більше 30 КУО/см^3 на 35 добу при нормі в 100 КУО/см^3 .

Встановлено, що лосьйон для обличчя на основі водно-спиртового екстракту з м'ятки виноградного насіння біологічно активний, оскільки швидкість перенесення електрона в системі $\text{NAD}\cdot\text{H}_2 - \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ збільшується. Максимальний термін його зберігання — 35 дб.

Ключові слова: природні антиоксиданти, водний екстракт, м'ятка з виноградного насіння, косметичний лосьйон, біологічна активність.

Постановка проблеми. Сучасна тенденція в галузі виробництва косметичної продукції спрямована на створення нових рецептур з використанням комплексу

біологічно активних речовин природного походження [1]. Найбільш перспективним і ефективним джерелом комплексу біологічно активних речовин є саме рослинна сировина або продукти переробки [2]. Комплексна переробка рослинної сировини або відходів його переробки як поновлюваного матеріалу є одним із пріоритетних підходів при хімічному вивченні рослин з метою отримання практично цінних речовин — біологічно активних речовин [3].

Одним із видів рослинної сировини, що має промислове значення, є відходи переробки плодово-ягідних культур, зокрема відходи переробки винограду. Біологічна цінність насіння винограду обумовлена вмістом біологічно активних речовин (БАР), таких як летючі з'єднання, фенольні речовини, вітаміни [4]. Тож питання використання вторинної сировини, зокрема насіння винограду, є актуальним питанням раціонального використання вторинних ресурсів для отримання БАР і важливим напрямком у створенні безвідходних технологій переробки винограду. В літературі представлені дані про хімічний склад водно-спиртового екстракту з насіння винограду з подальшим отриманням сухого екстракту і використанням його в лікарській формі гелю [5]. За даними деяких авторів, водно-спиртовий екстракт з насіння винограду є основним компонентом деяких біологічно активних добавок до їжі алкопротекторного типу дії [6]. При отриманні косметичної продукції, що містить у своєму складі компоненти натурального походження, БАР найчастіше вводяться в рецептури переважно також у вигляді екстрактів. Для отримання екстрактів використовують різні розчинники, проте найбільшого поширення набули водно-спиртові екстракти, які мають високу антиоксидантну активність і містять речовини ліпофільної природи (каротиноїди, токофероли, стероїди, терпеноїди) і водорозчинні компоненти (полісахариди, ензими, флавоноїди, таніни, поліфеноли тощо) [7].

З літературних даних на підставі біохімічного аналізу винограду було встановлено, що найбільша кількість біологічно активних речовин (поліфеноли, вітаміни, органічні кислоти) міститься у винограді *Vitis Vinifera*, сорти Ізабелла. В основному біологічно активні речовини зосереджені в шкірці і насінні ягід. Найбільш підходящою сировиною для отримання біологічно активного екстракту був обраний виноград *Vitis Vinifera*, сорти Ізабелла [8]. Біохімічні показники насіння різних сортів винограду наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Біохімічні показники насіння різних сортів винограду

Показники	Ізабелла	Мускат	Тайфи
СВ, %	64,2±0,98	51,7±0,93	55,4±0,95
Загальний азот, мг/см ³	4,28±0,08	3,15±0,06	4,35±0,07
Білок, мг/см ³	26,8±0,04	19,7±0,04	27,2±0,03
Клітковина, %	29,13±0,05	26,71±0,06	24,0±0,05
Геміцелюлоза, %	11,3±0,10	9,8±0,07	10,2±0,09
РВ, %		Сліди	
Вітамін С, мг/100г	2,39±0,11	2,43±0,12	1,96±0,09
Дубильні речовини, %	6,31±0,12	4,25±0,10	5,2±0,12
Пектин, %	0,51±0,09	0,30±0,08	0,48±0,11
Лігнін, %	23,21±0,15	23,56±0,17	21,20±0,15
Флавоноїди, %	2,93±0,09	1,44±0,07	2,67±0,09
Антоціани, %	0,83±0,05	0,52±0,03	0,63±0,04

На підставі біохімічного аналізу, за літературними даними, встановлено, що отримані за запропонованою технологією екстракти мають досить високу антиоксидантну активність (екстракт зі шкірки — 2419,58 мкмоль тролокса-екв/дм³, екстракт з насіння — 2520,63 мкмоль тролокса-екв/дм³, екстракт з цілісних ягід — 1274,12 мкмоль тролокса-екв/дм³), містять у своєму складі вітаміни, поліфеноли. Отже, їх використання, як біологічно активної добавки (БАД), у складі косметичних виробів функціонального призначення доцільне і виправдане [9].

Було доведено, що використання як екстрагенту 50-відсоткового водного розчину етанолу сприяє найкращому вилученню галової кислоти, катехину і епікатехину з цілісних ягід винограду та насіння порівняно з 30-відсотковим водним розчином етанолу [10].

Зараз косметичний догляд за шкірою обличчя, всього тілом став обов'язковою частиною життя людини з будь-якого соціального прошарку. Величезна кількість заводів і фабрик у всьому світі виготовляють різноманітні косметичні засоби. У 1914 р. загальний оборот засобів гігієни у всьому світі складав близько 40 млн дол. США, а за 50 років він виріс до 6 млрд дол. США, тобто збільшився більш ніж у 150 разів. Варто зазначити, що під час економічної кризи у 1929 р. багато галузей промисловості прийшли до занепаду, більшість підприємств розорилися, але косметичні й парфумерні фабрики продовжували отримувати прибуток [11].

Соціологи свідчать, що споживання косметики в цілому зростає разом із зростанням доходів населення. Зростання продажу косметики значною мірою стимулює сезонні зміни моди, розробку привабливої і зручної упаковки косметичних товарів, появу на ринку нових косметичних продуктів і масовані рекламні кампанії провідних виробників косметики. Не викликає сумнівів і роль науково-технічного прогресу в зростанні косметичної індустрії. За останніми дослідженнями така ж тенденція до зростання косметичної галузі збережеться і в майбутньому [12].

Парфумерія і косметика складають особливу групу непродовольчих товарів, без яких важко уявити повноцінне життя сучасної людини. На споживчому ринку України за обсягами продажу парфумерія й косметика на сьогодні посідають четверте місце. Вони є предметами повсякденного користування і мають стійкий попит [13]. Ринок парфумерно-косметичних товарів останніми роками динамічно зростає і вже сьогодні займає значну частку на товарному ринку України [14].

Науковці виділяють такі основні тенденції та напрямки розвитку парфумерно-косметичних товарів: зростання частки синтетичної сировини у виробництві; нові інгредієнти, тара й упаковка товарів, вирішення екологічних проблем; інформаційні технології та комунікації — мобільність суспільства та мережі Інтернет; глобалізація та зростаюча конкуренція в торгівлі і виробництві [15].

У багатьох підручниках і навчальних посібниках розглядається класифікація косметичних засобів, розроблена радянським косметологом і парфумером Р. А. Фрідманом ще у 1935 р., яка набула поширення в усьому світі. За Р. А. Фрідманом косметика поділяється на такі групи [16]:

- гігієнічна і лікувально-профілактична;

- декоративна;
- театральна (професійна або сценічна);
- лікарська (лікувальна).

Гігієнічна і лікувально-профілактична косметика призначена для оберігання шкіри, зубів, волосся, нігтів від шкідливого впливу зовнішнього середовища, мікробіологічних дій, а також для збереження і підтримки їх у здоровому і красивому стані. Широко використовується у повсякденному житті людини.

Декоративні засоби (декоративна косметика) призначені для прикраси або зміни зовнішності шляхом маскування (приховування або затушовування) недоліків зовнішності людини.

Театральні (професійні або сценічні засоби для TV, подіуму тощо) застосовують актори для тонального моделювання обличчя, волосся, шкіри тіла. Це різноманітний грим, клеї, засоби для зняття гриму тощо. У рецептурах цих засобів використовуються спеціальні світлофільтри. До цієї групи відносять також препарати для перукарень і косметичних салонів. Зазвичай, ці засоби більш концентровані.

Існують спеціальні методики використання професійних засобів. Потрібна професійна підготовка фахівців (косметологів, дерматологів, перукарів, візажистів та ін.) для нанесення такої косметики. Її упаковують в місткості більшого об'єму, що пов'язано зі специфікою їх використання. Останнім часом професійні засоби, розфасовані в споживчу тару, з'явилися на прилавках магазинів у роздрібній торгівлі, наприклад, засоби догляду за волоссям, нігтями тощо.

До лікувальних (медичних) відносять косметичні засоби з лікувальними і фармацевтичними властивостями, призначені для профілактики, лікування й усунення шкірних захворювань, захворювань волосся, нігтів тощо. Лікарські (лікувальні) засоби реалізуються через аптеки за рекомендаціями лікаря-косметолога або дерматолога і застосовуються під безпосереднім його контролем в індивідуальному порядку [16].

Обличчя — найбільш відкрита частина шкірних покривів, тому воно потребує постійного догляду. Догляд за обличчям передбачає ряд процедур: умивання, очищення, живлення, зволоження, тонізацію. Для догляду за певним типом шкіри обличчя необхідно підібрати правильні косметичні засоби. Якщо засобами для вмивання і кремами для зволоження користуються майже всі, то косметикою для тонізації — незначна частина споживачів. А фаза тонізації шкіри обличчя не менш важлива, ніж фази умивання й очищення. Тому представниці прекрасної статі, які хочуть мати свіжу, здорову і красиву шкіру обличчя, активно використовують засоби для тонізації шкіри, найкращими серед яких вважаються тоніки та лосьйони [17].

За існуючою класифікацією розрізняють такі типи засобів для тонізації шкіри [18]:

- тоніки, до складу яких входить від 0 до 8% етилового спирту;
- лосьйони-тоніки, які містять від 8,1 до 20,0% етилового спирту;
- косметичні лосьйони, у яких об'ємна частка етилового спирту найвища — 20,1...80,0%.

Лосьйон (франц. *lotion* < лат. *lotio* — мити, омивати) — водно-спиртовий косметичний гігієнічний засіб для догляду за шкірою, що використовується для промивання зовнішніх ділянок тіла, має заспокійливу, охолоджувальну чи анти-септичну дію.

Залежно від концентрації спирту лосьйони бувають: для сухої шкіри (до 20% спирту); для нормальної шкіри (до 30% спирту); для жирної шкіри (до 40% спирту). Головна мета кожного — надати шкірі якомога більше вологи і досягти того, щоб ця волога довше затрималась у шкірі. Лосьйони дуже швидко всмоктуються і не залишають на шкірі слідів, тому застосовувати їх можна декілька разів на день, а деякі з них захищають шкіру від впливу УФ-випромінювання та запобігають передчасному старінню. Однак слід зазначити, що вони в жодному разі не замінюють процес умивання [19; 20].

З представленого огляду літературних даних про сучасні застосування в рецептурах парфумерно-косметичних товарів біологічно активних речовин природного походження актуальним є виробництво та створення у нашій країні косметичного лосьйону на основі екстракту з виноградного насіння, враховуючи вітчизняне значне відставання перед світовим ринком.

Мета дослідження: розробити косметичний продукт, що включає екстракт з виноградного насіння, та рецептуру й удосконалену технологію виробництва лосьйону для догляду за шкірою; вивчити й проаналізувати функціональні і споживчі властивості розробленого лосьйону; визначити максимальний термін зберігання розробленого лосьйону.

Викладення основних результатів дослідження. Екстракт, або витяжка — (лат. *Extractum*) концентрований витяг із лікарської рослинної сировини або сировини тваринного походження, що являє собою рухомі, в'язкі рідини або сухі маси. У медицині термін «екстракт» означає лікарську форму, приготовлену за допомогою екстрагування. Екстрагентами можуть бути вода, спирт, ефір, вуглекислота (та інші речовини у надкритичному стані). Відповідно, екстракти поділяють на водні, спиртові, ефірні, CO₂-екстракти тощо. Розрізняють: рідкі екстракти (рухливі рідини); густі екстракти (в'язкі маси з вмістом вологи не більше 25%); сухі екстракти (сипучі маси з вмістом вологи не більше 5%).

Процес приготування екстракту називають екстракцією або екстрагуванням.

Екстракт з виноградного насіння (*Vitis Vinifera Seed Extract*) — це спеціальний рідкий компонент, отриманий, в основному, з насіння червоного винограду. Його склад багатий вітамінами А і Е, незамінними жирними кислотами і цілим рядом інших корисних речовин, які й надають йому такі неповторні властивості.

Екстракт з виноградного насіння є потужним антиоксидантом і за своєю силою багато в чому перевершує інші подібні речовини. Завдяки цьому його широко використовують у косметиці для волосся і шкіри, а також у медицині. Компонент добре розтікається і легко поглинається шкірою, що в лічені хвилини забезпечує захист шкіри від вільних радикалів. Крім цього, він підсилює тканини шкіри обличчя й тіла і стабілізує колаген та еластин, підвищує еластичність шкіри, надає їй молодості.

Також екстракт має гарну протигрибкову і бактерицидну дію. Він вважається безпечним і нетоксичним компонентом, який не подразнює шкіру. Цей екстракт

застосовується в косметиці як натуральний безпечний консервант. Здатність екстракту злущувати верхній шар шкіри дає змогу використовувати його як один з активних компонентів від лупи.

Авторами статті була розроблена схема отримання екстракту (рис. 1) на основі даних з літературних джерел.

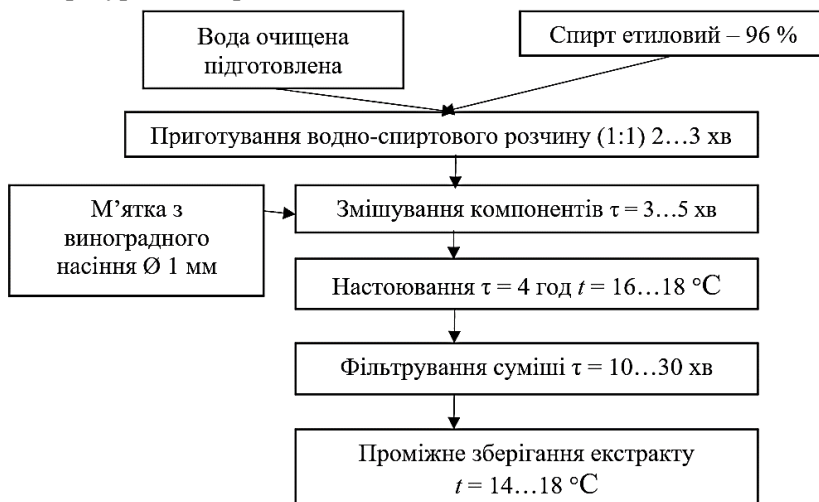


Рис. 1. Схема отримання екстракту з виноградного насіння

Опис до схеми: рідкий екстракт одержуємо методами перколяції, яка у виробництві рідких екстрактів на стадіях набухання і настоювання нічим не відрізняється від перколяції у виробництві настоек.

Для водно-спиртової фази екстракту потрібно мати дистильовану воду, яка знаходиться в ємності-мірнику та спирт етиловий — 96% в ємності-мірнику. В спеціальних ємностях відбувається змішування рідин в співвідношенні 1:1. Приготовлена рідина за рахунок тиску поступає в реактор-змішувач, куди з бункера засипається м'ятка з виноградного насіння очищеного від домішок. В цьому реакторі 2...3 хв відбувається перемішування всіх поданих компонентів, насосом суміш подається на відстоювання на 4 год при температурі не більше 18°C. Після цього суміш через насос потрапляє до фільтрувального апарата, де відфільтровується розчин з екстрактом від твердої фази. У виробництві це відбувається на фільтр-апараті, а в лабораторних умовах використовується фільтрувальний папір. Відфільтрований екстракт поступає на проміжне зберігання в ємність. Готовий екстракт можна зберігати в герметично запакованій тарі при температурі 14...18°C або подавати на подальшу експлуатацію.

Огляд літератури доводить, що м'ятка з виноградного насіння може володіти антиоксидантною активністю, яку ми визначали у різних екстрактах з виноградного насіння.

На першому етапі досліджень була вивчена біологічна активність сировини та проаналізовані деякі фізико-хімічні показники. Біологічна активність екстрактів визначалася за зміною швидкості окислення NAD·H 2 до NAD у контрольному

та досліджуваних зразках з урахуванням коефіцієнта розведення, при $\lambda = 325$ Нм, $\tau = \text{const}$.

Усі екстракти мають велику біологічну активність, оскільки швидкість перенесення електрона в системі $\text{NAD}\cdot\text{H}_2 - \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ збільшується у 125—355 разів, що свідчить про наявність антиоксидантної дії.

Дані показників трьох виготовлених екстрактів (водного, водно-спиртового та спиртового) наведені на рис. 2.

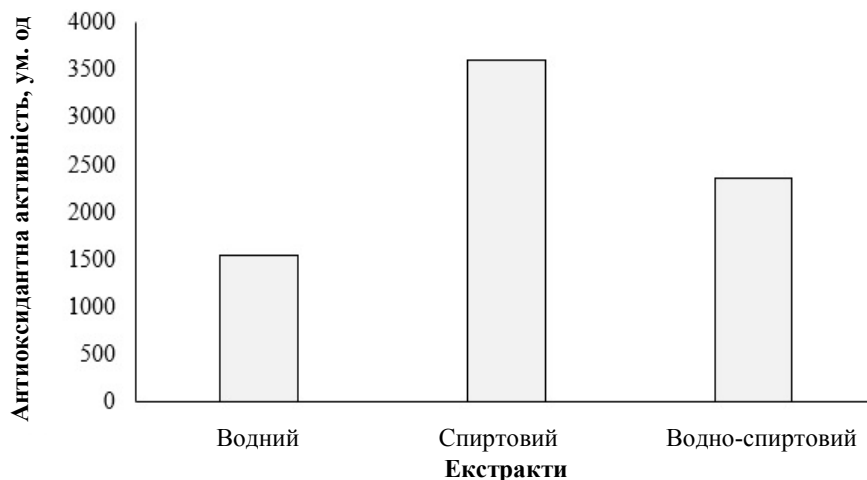


Рис. 2. Діаграма антиоксидантної активності різних екстрактів

Підвищений вміст фенольних сполук в екстрактах з насіння різних сортів винограду після вилучення з них олії, ймовірно, можна пояснити збільшенням ступеня руйнування клітин оболонки насіння або руйнуванням міжмолекулярних зв'язків, що перешкоджають максимальному вилученню фенольних сполук.

Біологічна ефективність екстрактів з м'ятки виноградного насіння свідчить про можливість використання їх у косметичних продуктах. Для виготовлення лосьйону ми обрали водно-спиртовий екстракт на основі м'ятки з виноградного насіння з показником антиоксидантної активності 2350 умовних одиниць.

Багато лосьйонів, особливо лосьйони для рук і для обличчя, використовуються не тільки як засіб доставки вітамінів, але й для зволоження шкіри.

Лосьйони особливо популярні серед людей старшого віку. Класифікується як косметичний препарат, може мати аромат. Лосьйони можуть бути використані для доставки на шкіру лікарських речовин, таких як: антибіотики, антисептики, протигрибкові, кортикостероїди, антиакне агенти, заспокійливі, для зволоження або із захисними засобами (наприклад, від сонця).

Крім медичного застосування і використання в догляді за шкірою, лосьйони часто використовуються як аксесуари для масажу, прелюдії. З одних і тих же інгредієнтів можуть бути створені і лосьйони, і креми, і мазі. Креми є найбільш зручними з трьох зазначених, але не підходять для шкіри голови, а лосьйон менш в'язкий і може бути використаний на цих ділянках. Лосьйони, на відміну від крему або мазі, можуть розпорошуватися на великі ділянки шкіри.

Наступний етап передбачав заміну в стандартній рецептурі лосьйону спирту на виготовлений екстракт з виноградного насіння. В табл. 2 наведений розрахунок кількості компонентів лосьйону для обличчя.

Таблиця 2. Рецептура лосьйону з екстрактом виноградного насіння

№ з/п	Компоненти	Маса компонента, кг на 100 кг лосьйону без урахування втрат
1	Борна кислота	0,2
2	Бензойна кислота	0,3
3	Водно-спиртовий екстракт з виноградної м'ятки	97,4
4	Вода дистильована	1,0
5	Спирт етиловий — 96%	1,0
6	Ефірна олія	0,1
	ВСЬОГО	100

У лабораторних умовах було виготовлено лосьйон за наведеною рецептурою з додаванням екстракту з виноградного насіння. На першому підготовчому етапі проводили зважування та відмірювання компонентів відповідно до розрахунку. З відважених сухих компонентів готували гідрофобну речовину: бензойну кислоту розчиняли в спирті, борну кислоту розчиняли в дистильованій воді, попередньо підігрітій до 60°C.

Борна кислота — слабка триосновна кислота, в медицині та косметичці використовується як бактерицидний і протигрибковий засіб. Є слабким протимікробним препаратом, переважно проти дріжджів.

Бензойна кислота застосовується в харчовій і косметичній промисловості як консервант масел і жирів. Має помірну фунгіцидну дію, слабо ефективна проти бактерій. Існує в розчині в достатніх кількостях тільки при рН нижче 4. Може входити в засоби з видалення веснянок і пігментних плям. Дозволена як консервант для косметики натурального призначення.

Перемішування водної та спиртової частини проводили у скляній ємності. Далі вносили біологічно-активні добавки рослинного походження (водно-спиртовий екстракт з виноградної м'ятки), ефірну олію (лимонна ефірна олія) та дистильовану воду.

Ефірна олія лимона є однією з найактивніших косметичних добавок, вона ліквідує розширеність пор і в'ялість шкіри, відбілює ластовиння і прибирає судинну сітку, усуває набряки, надмірну жирність шкіри, запалення і кератози. Додається, щоб поліпшити характеристику косметичного лосьйону, в тому числі і з лікувальною метою.

Екстракт з насіння винограду має у своєму складі поліфеноли: катехін, епікатехін, олігомерні проантоціанідини, галову кислоту, галлокатехін, епігаллокатехін, епікатехін 3-О-галлат. Фенольні сполуки насіння винограду інгібують ферментні системи, які беруть участь у виробництві вільних радикалів і пов'язані із запальними реакціями. Додаємо екстракт з виноградного насіння в лосьйон з метою підвищення біологічної активності у виготовленому засобі.

Усі компоненти перемішували ретельно, давали деякий час їм настоятись та фільтрували суміш через паперовий фільтр. Після всіх проведених етапів маємо готовий продукт, який потрібно упакувати в спеціальну тару для лосьйонів.

На рис. 3 наведена схема виготовлення лосьйону для косметичних виробництв.

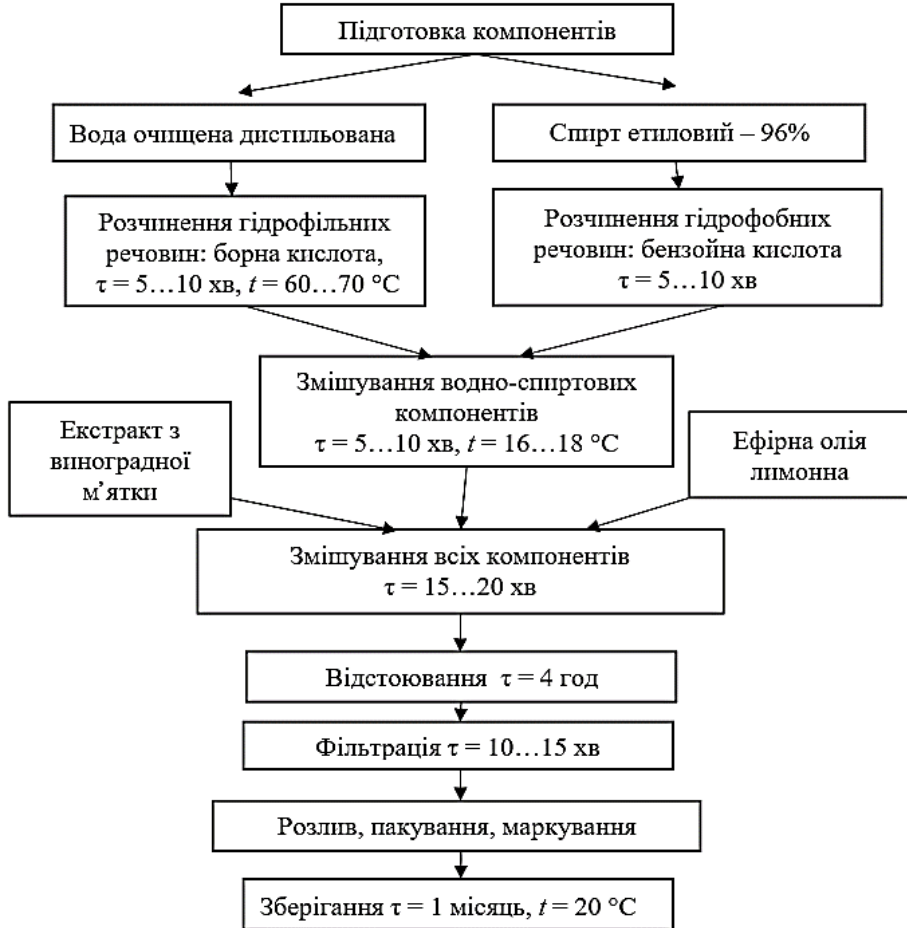


Рис. 3. Схема виготовлення лосьйону

Наведена універсальна технологічна схема виробництва лосьйонів. У сталевий емальований апарат з паровою сорочкою і механічною мішалкою через водомір або мірник завантажують воду з баку дистильованої води, яку нагрівають паром через сорочку апарата до температури 60—70°C. Через люк апарата додають у гарячу воду малотоннажні водорозчинні компоненти (борну, лимонну, саліцилову, молочну, оцтову кислоти, буру, формалін та інші препарати). Одночасно в інший сталевий емальований апарат, забезпечений мішалкою, завантажують спирт із бака та спирторозчинні компоненти (камфору, ряд інших органічних і неорганічних речовин), суміш перемішують до повного розчинення твердих

речовин. Отриманий розчин охолоджують при перемішуванні до температури 20...30°C.

Усі підготовлені компоненти (гідрофільні та гідрофобні речовини) поступають в апарат з мішалкою, куди насосом з баку додається ефірна олія. Компоненти перемішують до повного розчинення речовин, процес триває 15...20 хв.

Якщо лосьйони виробляють підфарбованими або зі зниженим вмістом спирту, то до рідини додають барвники, солюбілізатор і віддушку з додаткових мірників і рідину перемішують ще 5...10 хв. Після закінчення завантаження відбирають пробу рідини для перевірки концентрації кольору і рН розчину.

Після коригування концентрації, кольору і рН, готову рідину передають у лабораторію на аналіз. При позитивному аналізі лосьйон насосом перекачують у відстійний бак, де він відстоюється протягом встановленого часу для кожного найменування лосьйону (в середньому 4 год). Після закінчення терміну відстоювання, лосьйони фільтрують, подаючи їх за допомогою насоса на фільтр. Відфільтрована рідина надходить до збірника-мірника, там проводяться контрольні визначення показників лосьйону і, якщо вони відповідають чинним вимогам, лосьйон направляється на фасування. При цьому слід пам'ятати, що лосьйони, які містять солюбілізатори і деякі інші компоненти з піною, можна розливати на обладнанні, що забезпечує їхній розлив без піноутворення.

Виготовлений лосьйон був досліджений у лабораторних умовах. Результати визначення сенсорних і фізико-хімічних показників лосьйону наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Сенсорні і фізико-хімічні показники лосьйону

Назва показника	Характеристика лосьйону косметичного	Дані респондентів-добровольців		
		жінки		чоловіки
		25 жінок, вік від 20...30 років з жирним типом шкіри	15 жінок, вік від 30...50 років з сухим типом шкіри	20 чоловіків, вік від 30...50 років з сухим типом шкіри
Зовнішній вигляд	Однорідна однофазна рідина без сторонніх домішок. Має незначне помутніння			
Колір	Майже прозорий з жовтуватим відтінком			
Запах	Відповідає внесеній ефірній олії «Лимон»			
Водневий показник (рН)	4,1	Значне пом'якшення шкіри обличчя після нанесення засобу, відчуття тонізування та очищення шкіри		
Колоїдна стабільність	Стабільний			
Термостабільність	Стабільний			
Біологічна активність (ум.од.акт.)	2350			
Об'ємна частка етилового спирту, %	23,9			

Виготовлений лосьйон за сенсорними та фізико-хімічними характеристиками відповідає національному стандарту України [18]. Об'ємна частка етилового спирту в межах від 20% до 80%, показник рН, в нормі, розбіжність від 3,5% до 8,0%,

дослідний зразок має стабільну емульсію. Розроблений косметичний засіб має приємний світло-жовтий колір, легкий лимонний і трав'яний аромат.

Лосьйон також був представлений на конференції, присвяченій формуванню у молоді звички до здорового способу життя, де сенсорні показники засобу оцінювали 60 респондентів-добровольців, які дали позитивну оцінку.

Мікробіологічні дослідження КМАФАнМ (кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів), або загальна бактеріальна забрудненість, є одним з основних показників санітарної безпечності косметичних продуктів. Були проведені посіви виготовленого лосьйону на м'ясо-пептонний агар. Результати мікробіологічного дослідження наведені на рис. 4.

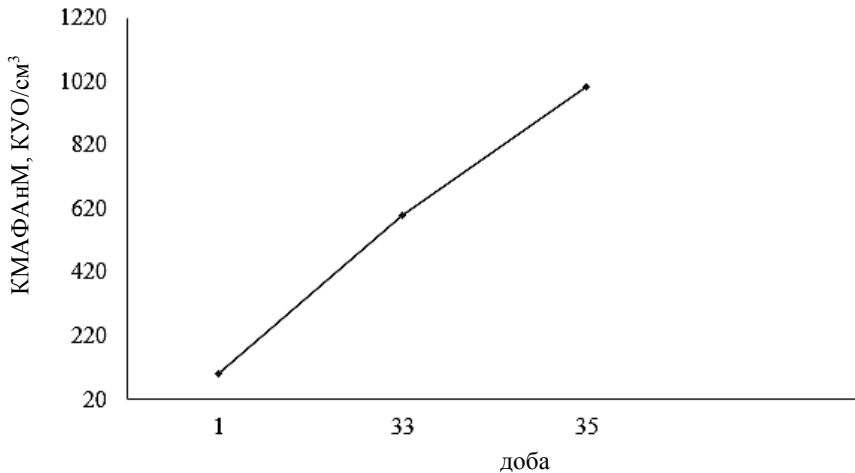


Рис. 4. Результати мікробіологічного дослідження

Показник мікробіологічної безпечності лосьйону, а саме КМАФАнМ, на 33 добу не перевищує 700 КУО/см³, на 35 добу — не більше 900 КУО/см³, при нормі не більше 1000 КУО/см³. Кількість дріжджів і пліснявих грибів не перевищує 10 КУО/см³ на 33 добу, та не більше 30 КУО/см³ на 35 добу, при нормі в 100 КУО/см³.

Висновки

1. На основі літературних даних, які свідчать про доцільність використання екстрактів на основі м'ятки з виноградного насіння у косметичних продуктах, та результатів проведених експериментальних досліджень розроблена рецептура й удосконалена технологія виробництва лосьйону для догляду за жирною і проблемною шкірою обличчя, схильною до вугрового висипання.

2. Доведено, що розроблені екстракти на основі м'ятки з виноградного насіння мають високу біологічну активність внаслідок їхньої антиоксидантної активності. Найвищу має водно-спиртовий екстракт на основі м'ятки з виноградного насіння з показником антиоксидантної активності 2350 умовних одиниць, який і обрали для подальшого введення в рецептуру лосьйону. Розробка лосьйону скла-

далась з розрахунку компонентів та виготовлення в лабораторних умовах дослідних зразків. Була удосконалена схема отримання лосьйонів з додаванням натуральних екстрактів. Лосьйон відповідає вимогам ДСТУ 4093-2002.

3. На підставі біохімічного аналізу, за літературними даними, встановлено, що отримані за запропонованою технологією екстракти мають досить високу антиоксидантну активність (екстракт зі шкірки — 2419,58 мкмоль тролокса-екв/дм³, екстракт з насіння — 2520,63 мкмоль тролокса-екв/дм³, екстракт з цілісних ягід — 1274,12 мкмоль тролокса-екв/дм³), містять у своєму складі вітаміни, поліфеноли. Отже, їх використання, як біологічно активної добавки (БАД), у складі косметичних виробів функціонального призначення доцільне і виправдане.

Лосьйон, виготовлений на основі водно-спиртового екстракту з м'ятки виноградного насіння, за сенсорними та фізико-хімічними показниками відповідає вимогам чинного стандарту. Він має приємний світло-жовтий колір, легкий лимонний і трав'яний аромат. Показник рН знаходиться у нормі.

Показник мікробіологічної безпечності лосьйону, а саме КМАФАнМ, на 33 добу не перевищує 700 КУО/см³, на 35 добу — не більше 900 КУО/см³, при нормі не більше 1000 КУО/см³. Кількість дріжджів і пліснявих грибів не перевищує 10 КУО/см³ на 33 добу, на 35 добу становить не більше 30 КУО/см³, при нормі в 100 КУО/см³.

4. Визначено максимальний термін зберігання розробленого лосьйону — не більше 35 діб за температури 10°C.

Література

1. Rubi a L., Motilva M., Romero M. Recent Advances in Biologically Active Compounds in Herbs and Spices: A Review of the Most Effective Antioxidant and Anti-Inflammatory Active Principles. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013. Vol. 53, Is. 9. P. 943—953.

2. Екстракція рослинної сировини: навч. посіб. / Сидоров Ю. І., Губицька І. І., Конечна Р. Т., Новіков В. П. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 336 с.

3. Balboa M., Elena M., Nogueirac R., González-López N. Potential of antioxidant extracts produced by aqueous processing of renewable resources for the formulation of cosmetics. *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 58, P. 104—110.

4. Hegde S. A. Review of the Medicinal Properties, Phytochemical and Biological Active Compounds of *Tinospora sinensis* (Lour.) Merr. *Journal of Biologically Active Products from Nature*. 2016. Vol. 6, Is. 9. P. 84—94.

5. Бокшан Е. В., Дармограй Р. Е., Дзера В., Чолий Л. Ф., Штейн Т. Масло из косточек винограда — перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции. 2000. № 5. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php?part_code=28&art_code=1957.

6. Черноусова И. В., Сизова Н. В., Огай Ю. А. Сравнение состава и качества масел, полученных экстракцией и прессованием семян винограда. *Химия растительного сырья*. 2011. № 3. С. 129—132.

7. Ер мина А. В., Попков В. А., Дегтярёва Е. А., Решетняк В. Ю. Биологически активные вещества винограда: классификация, фармакологические эффекты, лекарственные препараты и БАД на их основе. *Натуротерапия и гомеопатия*. 2003. № 4. С. 27—30.

8. Бондакова М. В. Разработка рецептуры и технологии производства косметических изделий с использованием экстракта винограда: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидат технических наук: 212.122.05. Москва, 2014. 23 с.

9. Воробьева В. И., Чигиринец Е. С., Ефимова В. Г., Пилипенко Т. Н., Пичахчи В. А. Изучение компонентного состава биологически активных соединений спиртового экстракта гребней винограда. *Технічні науки та технології*. 2016. № 2(4). С. 189—195.
10. Francisco J. Bioactive Gibberellins in seeded and seedless grapes: Identification and changes in content during berry development. *American journal of enology and viticulture*. 2000. Vol. 51, P. 315—318.
11. Самуйлова Л. В. Косметическая химия: учеб. издание. В 2 ч. Ч. 1: Ингредиенты. Школа косметических химиков, 2005. 336 с.
12. Котляр Є. О., Ткаченко Н. А., Здоренко К. С., Радзієвська І. Г. Антиокислювальні властивості олій, отриманих з різних сортів виноградного насіння. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. № 5, Т. 21. С. 187—196.
13. Анненкова Н. Б., Попова Я. А., Бідаш В. І. Парфумерно-косметичні товари: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луганськ, 2013. 244 с.
14. Береславець Г. Стан Українського парфумерно-косметичного ринку. URL: <http://conf-cv.ua/fogum/63-750-1>.
15. Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демідов І. М. Технологія парфумерно-косметичних продуктів: центр навч. літ-ри. Київ, 2007. 376 с.
16. Фридман Р. А. Технология косметики: учебн. для студ. выс. учебн. завед. Москва: Пищевая промышленность, 1984. 487 с.
17. Ткаченко Н. А. Оптимізація складу тоніка з пробіотиками для сухої шкіри. *Наукові праці*. Одеса. 2017. Т. 81, Вип. 2. С. 104—118.
18. ДСТУ 4093-2002 Лосьйони і тоніки косметичні. К: Держстандарт України. 2002. 8 с.
19. Dreño V. Microbiome in healthy skin, update for dermatologists: Review article. *European Academy of Dermatology and Venereology*. 2016. 10 p. DOI: 10.1111/jdv.13965.
20. Котляр Є. О., Ткаченко Н. А., Левчук І. В., Вікуль С. І., Избаш Є. О. / Лосьйон косметичний на основі екстракту з винограду. VII Міжнародна науково-практична конференція «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія та економіка в харчовій і косметичній промисловості», 7—8 листопада 2019 р., Харків. НТУ ХПІ, 2019. С. 43—46.

THE OPTIMAL SELECTION OF AMINO ACIDS TO OVERCOME THE PROTEIN DEFICIT

G. Simakhina, N. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:

Amino acids
Proteins
Biological value
Green mass of plants
Functioning
Nutrition

ABSTRACT

Proteins are the most important component of food thanks to their ability to help growing cells, create new tissue and restore those damaged. The term “protein” can emphasize the cardinal role of these nutrients in life activity of live organisms. The need of a live entity in proteins is conditioned by its need in amino acids — both dispensable and essential. Therefore, reasonable attention is now paid to problems of searches for the new sources of proteins, working out the easily absorbed complexes from plant raw materials either traditional or non-traditional for food industry. We have based our research on scientific works by Ukrainian and foreign authors, and the results of our own experiments examined by analytic and comparative methods. To improve the structure of nutrition and to fulfill better the needs of human organism in main nutrients and energy, there is expedient to enrich the traditional foodstuffs lacking the main amino acids, and to create the new generation of foods with balanced amino acid content.

Human organism is able to synthesize all the necessary proteins in necessary amounts only if the essential amino acids (isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine, treonine, tryptophan, valine) are present in proper quantities. Unless one of the listed is absent, proteins cannot be synthesized, and foods are utilized just as the source of energy, or are deposited in fats. Therefore, we should provide the adequate supply of the organism with these amino acids, and the rational nutrition with balanced plant and animal proteins will be the best way to do it. Practically all of the amino acids absorbed from natural raw materials transform into important biologically active substances in human organism. To refill the protein component in diets, it is necessary to search for the new sources of protein, including those non-traditional. Conducted researches have shown that the green mass of many agricultural plants may serve a perspective source of plant proteins that in combination with those of animal origin would provide the well-balanced protein nutrition and help overcome the protein deficit in Ukrainian population.

Article history:

Received 21.09.2020
Received in revised form
05.10.2020
Accepted 26.10.2020

Corresponding author:

N. Naumenko

E-mail:

lyutik.0101@gmail.com

ОПТИМАЛЬНИЙ ПІДБІР АМІНОКИСЛОТ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ БІЛКОВОГО ДЕФІЦИТУ

Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко

Національний університет харчових технологій

Найважливішим компонентом їжі є білки, оскільки саме вони забезпечують ріст, утворення нових і відновлення ушкоджених тканин. Білки називають іще протеїнами, і цим терміном підкреслюється надзвичайно важлива роль білків у життєдіяльності організмів. Потреба живого організму в білках зумовлюється його потребою в амінокислотах — замінних та есенціальних. Тому зрозумілою є увага, що приділяється проблемам пошуку нових джерел білку, створення легкозасвоюваних високобілкових комплексів із рослинної сировини традиційних і нетрадиційних для харчової промисловості видів. Наукові публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, результати власних експериментальних досліджень опрацьовані аналітичними та компаративними методами. Для поліпшення структури харчування населення, більш повного задоволення потреб організму людини в основних поживних речовинах та енергії необхідно збагачувати традиційні харчові продукти з неповноцінним складом амінокислот і створювати продукти нового покоління із збалансованим складом амінокислот.

Організм здатен синтезувати необхідні білки в необхідних кількостях лише при наявності достатньої кількості всіх незамінних амінокислот — ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну, фенілаланіну, треоніну, триптофану, валіну. За відсутності хоча б однієї із них білки не виробляються, а їжа використовується лише як джерело енергії або накопичується у жирових відкладеннях. Тому необхідно забезпечити адекватне постачання організму цими амінокислотами за допомогою відповідного харчування зі збалансованим складом тваринних і рослинних білків. І це є одним із найістотніших чинників здоров'я в сучасних умовах. Практично всі амінокислоти природних матеріалів перетворюються в організмі людини на важливі біологічно активні сполуки. Для поповнення білкової складової в раціонах харчування необхідним є пошук нових джерел білка, зокрема нетрадиційних. Проведені дослідження показують, що зелена маса багатьох сільськогосподарських культур може служити перспективним джерелом рослинного білка, який у поєднанні з білком тваринного походження забезпечує збалансоване білкове харчування і сприяє подоланню білкового дефіциту в населення України.

Ключові слова: амінокислоти, білки, біологічна цінність, зелена маса рослин, функціонування, харчування.

Постановка проблеми. Найважливішим компонентом їжі є білки, оскільки саме ця група макронутрієнтів забезпечує ріст, утворення нових і відновлення ушкоджених тканин. Усі ферменти та деякі гормони, наприклад інсулін, є білками. Білки — потенційні джерела енергії: при окисленні 1 грама білка вивільняється 4,1 ккал. Зараз у всьому світі білки називають протеїнами (від грецького слова protos — перший, важливіший). Цим терміном підкреслюється надзвичайно важлива роль білків у життєдіяльності організмів.

Разом з тим, потреба живого організму в білках, урешті-решт, зводиться до його потреби в амінокислотах — замінних та есенціальних. І лише повноцінні білки забезпечують співвідношення амінокислот у пропорціях, що відповідають білкам наших власних тканин. У клітинах та тканинах живих організмів зустрічається понад 170 різних амінокислот. Наприкінці XIX ст. було встановлено, що амінокислоти, поєднуючи вуглець, водень, кисень та азот — чотири головних елементи, необхідних для життя, є основними структурними елементами білка, складової частини усіх живих організмів [1].

Уже в давні часи людина вживала в їжу різноманітні приправи та прянощі. В кухнях багатьох народів є різні соуси — рибні, соєві, борошняні. Сировиною для них є риба, соя, пшениця тощо. Однак основними компонентами, що надають продуктам специфічного смаку, є амінокислоти, що утворюються при гідролізі білка.

Професор К. Ікеда з Токійського університету досліджував питання про смак морської капусти. Ще в 1908 р. він встановив, що глутамат натрію — основний компонент, який зумовлює її смакові якості, і що ця сполука може бути використана в якості смакової добавки до різних харчових продуктів [2]. Це відкриття мало дуже велике значення. Глутамат натрію став першим похідним амінокислоти, який виробляють у промисловому масштабі, свого роду основоположником сучасного виробництва амінокислот.

На основі досягнень у галузі раціонального, оздоровчого харчування з'ясовано, що забезпечення нормальної життєдіяльності організму можливе лише при дотриманні необхідних співвідношень між есенціальними чинниками харчування, до яких відносять вітаміни, деякі жирні кислоти, макро- та мікроелементи, незамінні амінокислоти [3]. Тому використання амінокислот у структурі харчування набуває дедалі більшого значення, і дослідження в цьому напрямі виявляють нові функції амінокислот та їхній специфічний вплив на певні системи та органи організму людини, оскільки потреба у білках зводиться до потреби в амінокислотах.

Встановлено, наприклад, що введення глутамату натрію до раціону харчування викликає посилення виділення панкреатичних соків. Очевидно, смакові відчуття, що викликаються цим компонентом, стимулюють шлунково-кишковий тракт, готуючи його до метаболізму білків, що надходять з їжею. Отож глутамат натрію, не будучи сам собою поживною речовиною, справляє на організм людини виражений фізіологічний вплив, сприяючи засвоєнню компонентів їжі [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що амінокислоти позитивно впливають на серцево-судинну та мозкову діяльність людини, сприяють відновленню роботи печінки та нирок, виступають ефективним засобом парентерального харчування (особливо в період реанімації).

Амінокислотні добавки широко використовують спортсмени, оскільки під час фізичних навантажень значно прискорюються процеси протеолізу в організмі. Ще в 1970-і роки було встановлено, що кількість аланіну, який синтезується скелетними м'язами, залежить від інтенсивності навантаження. Це відкриття мало велике значення з точки зору потреби організму у білках, оскільки свідчило про те, що амінокислоти м'язів і печінки можуть окислюватись, утворюючи

енергію, тобто служать допоміжним джерелом енергії при тривалих фізичних навантаженнях [5].

Більшість амінокислот може бути синтезовано самим організмом, а дев'ять незамінних він отримує лише із харчових продуктів. Хоча біосинтез амінокислот із простих попередників є в кількісному відношенні не таким істотним процесом у біосфері, як біосинтез вуглеводів, однак він необхідний для всіх форм життя.

У США, Англії, Японії, деяких інших країнах добавки амінокислот уже знайшли практичне використання при промисловому виробництві кормів та харчових продуктів. Протягом останніх 20 років метіонін додають до соєвого борошна, а лізин уже 15 років використовується для збагачення зернових кормів та продуктів.

Вчені України отримали десятки патентів та авторських свідоцтв з виробництва амінокислот як мікробіологічним, так і гідролізічним способом. Тобто, сьогодні є усі необхідні складові для промислового отримання амінокислот в Україні і доведення цього процесу до рівня таких фірм-виробників, як «АДМ» (США), «Адзі-но мото» (Японія), «Байер» (Німеччина), «Рон-Пуленк» (Франція). Це вкрай необхідно, оскільки амінокислотний дисбаланс у харчуванні, особливо у дитячому віці, призводить до формування та розвитку різних патологічних станів.

Амінокислоти та їхні суміші широко використовуються за кордоном, а останнім часом починають знаходити застосування і в Україні — як самостійно, так і в складі медичних препаратів, замінюючи їхні хімічні компоненти, справляючи такий же вплив на організм, однак без ризику небажаних побічних впливів [6].

Мета статті: узагальнити та систематизувати на основі сучасних знань роль замінних і незамінних амінокислот у функціонуванні організму людини з точки зору їх раціонального використання при виробництві харчових продуктів, передусім оздоровчого призначення.

Матеріали і методи. Наукові публікації вітчизняних та зарубіжних авторів, результати власних експериментальних і теоретичних досліджень, опрацьовані аналітичними та порівняльними методами.

Масову частку амінокислот визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі Т 339 «Мікротехна» (виробництва Чеської Республіки), триптофану — колориметричним методом із попереднім лужним гідролізом [7].

Результати і обговорення. Усі амінокислоти відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, про що свідчать наведені відомості та факти. Так, на сьогодні з'ясовано роль основних харчових компонентів у процесах біосинтезу хімічних регуляторів фізіологічних процесів. І саме амінокислоти являють значний інтерес з точки зору есенціальних чинників у процесах синтезу медіаторів та гормонів. Так, лише однієї стадії декарбоксілювання досить для перетворення глутамінової кислоти на γ -аміномаєляну, яка є основою для створення широкого спектру препаратів для лікування нервових хвороб [8].

Глутамінова кислота є складовою тваринних та рослинних білків і щоденно надходить в організм людини з їжею у кількостях, що набагато переважають фар-

макологічні дози. Вона застосовується як лікарський препарат, оскільки відноситься до групи медіаторів, які здійснюють передачу збудження в центральній нервовій системі.

Тож γ -аміномасляна та глутамінова кислоти є водночас як амінокислотами, так і нейромедіаторами. Теоретично небагатьом людям потрібні добавки цих амінокислот, але насправді все по-іншому, оскільки несприятливе екологічне довкілля, надлишок вільних радикалів, різноманітні контамінанти, які надходять в організм людини з харчовими продуктами, негативно впливають на здатність функціональних систем поповнювати внутрішні запаси цінних компонентів. Цьому перешкоджають також низькобілкова дієта, недостатні кількості цинку і вітаміну B₆ [9].

У дозах 2 г щоденно γ -аміномасляна кислота допомагає покращити мовлення і відновити втрачену пам'ять у людей після інсульту; зменшити вміст глюкози в крові, а в дозах 3 г на день — знижувати кров'яний тиск і підтримувати серцеву діяльність. Для уникнення тривожного стану та дратівливості достатньо 0,5...2 г амінокислоти на добу.

Глутамінова кислота та глутамін наявні в організмі людини у найбільших кількостях. Так, із 35...45 мг/л амінокислот, що входять до складу крові, на глутамінову кислоту припадає 3,4; глутамін — 6,0; аланін — 3,95; метіонін — 0,85; валін — 2,8; лейцин — 1,9; ізолейцин — 1,6; тирозин — 1,5; фенілаланін — 1,4; триптофан — 1,0; аргінін — 2,3; гістидин — 1,4; лізин — 3,0; гліцин — 1,75 мг/л. Тобто, глутамінова кислота та глутамін складають понад третину усіх амінокислот.

Секрет значущості цих двох компонентів і в тому, що вони є кращими джерелами азоту, ніж будь-яка інша амінокислота. Дуже мало поживних речовин, які використовуються в дієтології, можуть зрівнятись із глутаміном за широтою спектру дії — від лікування шлунково-кишкових захворювань до позбавлення від наркологічної залежності. Так, американський лікар-дієтолог Р. Вільямс наводить результати досліджень, згідно з якими щоденна доза глутаміну у кількості 12 г допомогла 75% хворих позбавитись залежності від спиртного. Ця властивість глутаміну дуже важлива на сьогодні, зважаючи на кількість людей, хворих на алкоголізм.

Глутамінова кислота справляє регульовальний вплив на гліколіз м'язів, особливо анаеробний гліколіз мозкової тканини. Вона відіграє істотну роль в процесі синтезу гемоглобіну. Як і інші дикарбонові кислоти, глутамінова кислота відіграє істотну роль у підтриманні в організмі кислотно-лужної рівноваги. Вона посилює фармакологічну дію деяких медикаментів, зокрема сірчанокислої магnezії, яка широко використовується при лікуванні нервових та серцево-судинних захворювань. Фармакологічні властивості глутамінової кислоти використовуються при лікуванні астеній зі зниженим емоційним тонусом, підвищеною інтелектуальною виснаженістю, хронічною втомою [10].

Глутамін також є природним джерелом емоційної рівноваги між збудженням та апатією. Природа поступила мудро, наділивши глутамін здатністю перетворюватись в організмі, залежно від поточних потреб, або на глутамінову кислоту, що

стимулює клітини мозку, або на γ -аміномасляну кислоту — природний транквілізатор.

Найлегший та економічно вигідний спосіб поповнити організм глутаміном чи глутаміновою кислотою — вживати їх у вигляді добавки у кількості від 2 до 5 г. Цієї ж кількості достатньо для подолання потягу до спиртного чи солодощів. Для стимулювання імунної системи доза має бути збільшена у 2...3 рази.

Замінна амінокислота гліцин є першою амінокислотою, яку виділив із гідролізату білка в 1820 р. французький фізіолог Анрі Браконно. Вона гальмує нервові імпульси і регулює процеси в головному та спинному мозку, нормалізує процеси збудження і гальмування в центральній нервовій системі, сприяє розумовій працездатності, долає депресивні порушення та підвищену дратівливість, нормалізує сон. Тож гліцин належить до фармако-терапевтичної групи амінокислот — регуляторів метаболічних процесів. Гліцин може утворюватися з холіну у печінці або нирках, а також із амінокислот треоніну та сірину.

В дозах від 0,1 до 0,6 г цю амінокислоту призначають як седативний засіб, для поліпшення метаболічних процесів у тканинах мозку і м'язів, хворим на хронічний алкоголізм, для ослаблення потягу до алкоголю і зменшення явищ абстиненції [11].

Гліцин міститься у всіх тканинах організму. Особливо великою є його концентрація у тканинах головного та спинного мозку. Як метаболіт широкого спектру дії, специфічний регулятор активності нервових клітин, гліцин виконує роль природного гальмівного медіатора, що взаємодіє з гліцинергічними та ГАМК-рецепторами. Завдяки цим властивостям гліцин здатний захищати нейрони від надлишкового впливу катехоламінів, різке збільшення вмісту яких супроводжує стрес будь-якої генези.

Амінокислоти служать попередниками багатьох сполук, які виконують важливі біологічні функції, — гормонів, вітамінів, коферментів, алкалоїдів, порфіринів, антибіотиків, пігментів, медіаторів. Так есенціальна амінокислота триптофан є попередником нікотинової та кінуренової кислот, індолу, скатолу, охрому. Унікальною є здатність триптофану впливати на хімію мозку, оскільки під дією ферментів він перетворюється на серотонін — хімічну сполуку, що бере участь у передачі нервових імпульсів, у регулюванні діяльності травної, видільної та ендокринної систем, у збереженні нормального тону судин та психіки людини.

У людей, що перебувають у стані депресії, кров містить мало і серотоніну, і триптофану. Відомий зараз на вітчизняному ринку препарат «Золофт» підвищує настрій, збільшує тривалість життя серотоніну в мозку. Триптофан же бореться із депресією безпечнішим шляхом, сприяючи виробленню серотоніну самим організмом. Значна кількість триптофану міститься у всіх видах м'яса, особливо в свинині та качатині, молочних продуктах та горіхах. Однак дієтичні добавки є більш ефективним джерелом цієї кислоти. Вживання 2 г триптофану перед сном дає можливість ефективно і безпечно долати безсоння. Щоб подовжити дію амінокислоти, її доцільно вживати з невеликою кількістю нікотинаміду.

Замінну амінокислоту аргінін лише в останні роки визнано однією із найважливіших у кардіології, досі ж її роль розглядалась здебільшого як попередника

біологічно активних сполук — сперміну, спермідину, путресцену. Аргінін входить до складу більшості білків, що містяться у м'ясі, горіхах, зернових, молоці, сирі, яйцях.

Встановлено, що щоденні дози від 6 до 17 г аргініну знижують рівень ліпопротеїнів низької щільності (шкідливий холестерин), не зменшуючи вмісту корисних ліпопротеїнів високої щільності і не викликаючи небажаних побічних ефектів. Окрім цього, у людей з високим рівнем холестерину у крові аргінін сприяє нормальному коронарному мікроциркулюванню, запобігаючи утворенню тромбів, які можуть спричиняти інфаркти та інсульти [12]. На думку вчених американського Центру Аткінса, в певних випадках (активний ріст, відновлення після травми, загоєння ран, необхідність у сильному імунному захисті) організм не може задовольнити свої потреби в аргініні, і тоді амінокислота стає «незамінною».

За результатами досліджень учених цього Центру, найкращий лікувальний ефект аргініну досягається при дотриманні таких умов:

- для уникнення ризику, пов'язаного зі здатністю аргініну стимулювати вільнорадикальне окислення, слід вживати його на тлі захисних антиоксидантів, особливо коферменту Q₁₀ та ліпоєвої кислоти;

- при артриті чи гострій інфекції амінокислоту слід вживати у помірних дозах, оскільки надлишок окису азоту, який утворюється з аргініну, може посилити запалення;

- для зміцнення імунної системи аргінін доцільно вживати разом із лізином, який потенціоє зазначений ефект [13].

Сьогодні велика увага приділяється амінокислоті L-карнітину, яка входить до складу білків, і організм сам виробляє її для своїх потреб. Однак потреби в амінокислоті значно перевищують можливості метаболічного синтезу, що викликає необхідність додаткового введення її в організм у вигляді фармакологічних препаратів або дієтичних добавок.

L-карнітин називають «вітаміном росту»: він покращує процеси обміну в організмі, зменшує ознаки фізичного і психічного перенапруження, підвищує працездатність, викликає зменшення маси тіла. Ця важлива амінокислота виявляє захисну дію стосовно серця, оскільки дві третини його енергопостачання надходить від жирів, які організм не здатний утилізувати без допомоги карнітину. Є відомості, що L-карнітин виявляє захисну дію щодо серця, печінки, нервової системи, сприяє зменшенню ішемії серцевого м'язу та обмеженню постінфарктної зони, стимулює клітинний імунітет, усуває функціональні порушення нервової системи у хворих на хронічний алкоголізм.

Лікарі американського Центру комплементарної медицини Аткінса рекомендують з профілактичною метою вживати 500...1000 мг карнітину, а при захворюваннях серцево-судинної системи ця доза має бути збільшена до 2000 мг на добу. Для підтримання власного синтезу амінокислоти в організмі фахівці рекомендують вживати додаткові кількості вітаміну С, лізину, метіоніну, заліза, вітамінів В₃ та В₆. Значну кількість карнітину містять червоне м'ясо, риба, домашня птиця, молочні продукти, авокадо. «Супер-карнітином» називають ацетил-L-карнітин, який, маючи кращу засвоюваність та вищу активність, ніж простий

карнітин, здатен відновлювати розумову енергію, сповільнювати старіння клітин мозку і стримувати розвиток хвороби Альцгеймера.

Незамінна амінокислота лізин бере участь у всіх процесах розвитку і росту, сприяє зміцненню кісткової тканини та утворенню колагену, стимулює поділ клітин та репродуктивну діяльність, запобігає герпесові, полегшує відновлення нервової системи після стресу. На основі сучасних уявлень [14], лізин разом із вітаміном С та амінокислотою проліном допомагають знешкодити негативну дію ліпопротеїнів низької щільності — основної причини атеросклерозу. Фахівці вважають, що додаткове вживання лізину в кількості 1...3 г у складі оздоровчих продуктів або у вигляді дієтичних добавок дає змогу ефективно боротись з вірусом герпесу, забезпечити імунний захист організму, проводити профілактику остеопорозу, запобігати хронічній утомі.

Сьогодні інтерес науковців та практиків викликає амінокислота таурин. Вона регулює співвідношення калію та магнію всередині клітини, а надлишок натрію — зовні, виявляючи діуретичну дію. На відміну від сильнодіючих діуретичних препаратів, таурин не ушкоджує нирки, тому його можна ефективно і безпечно використовувати для зменшення накопичення рідини в організмі. Більш того, регулярне вживання цієї амінокислоти допомагає зміцнити антиокислювальний захист клітин та тканин, посилити імунну систему, стабілізувати серцевий ритм, нормалізувати артеріальний тиск, запобігти гіпоксії та тромботворенню, поліпшити кровопостачання та функціональний стан міокарду, забезпечити нормальну роботу шлунково-кишкового тракту, запобігти діабетові. За допомогою таурину печінка синтезує жовч, необхідну для розщеплення шкідливого холестерину.

Саме на прикладі таурину стає зрозумілою відносність понять «незамінний» та «замінний» біокомпоненти для організму людини. І слово «незамінний» означає лише той факт, що живий організм не здатен самостійно синтезувати певні біологічно активні речовини, а повинен отримувати їх у готовому вигляді з їжі або дієтичних добавок.

Таурин, аргінін, карнітин, глутамін, пролін, тирозин тощо при всій своїй «замінності» входять до числа найцінніших БАП. Зазвичай організм за рахунок реакцій трансамінування отримує їх з інших біохімічних сполук (наприклад, на таурин можуть перетворюватись сірковмісні амінокислоти метіонін та цистеїн), однак у таких кількостях, які визначаються доступністю усіх інших інгредієнтів. Як показує досвід, сировинні ресурси здебільшого або містять незначні кількості амінокислот, або повністю позбавлені їх. Тому необхідність додаткового введення амінокислот до раціону здорового харчування очевидна. Наприклад, добова потреба в таурині складає 1,5...4 г, що необхідно враховувати при створенні нових харчових продуктів.

На рівні сучасних знань біології, біохімії, медицини, фізіології рослинна та тваринна сировина і продукти з неї є надзвичайно важливим носієм біологічно активних речовин. Однак цей факт і досі недостатньо враховують як фармакологи, так і лікарі широкого профілю. Харчові продукти лише останнім часом почали розглядати в якості джерела біологічно активних речовин, хоча ще наприкінці 70-х років ХХ століття академік АМН СРСР О. О. Покровський констатував, що, «...по-перше, багато біологічно активних речовин виявлено в харчових продуктах у рівних, а іноді і вищих дозах, ніж вони використовуються у

фармакології, і, по-друге, багато компонентів їжі в умовах організму служать найближчими попередниками найбільш сильнодіючих сполук, які, щойно ізольовуються з їжі чи тканин, стають предметом фармакологічних досліджень».

Це наглядно видно із наведених у матеріалі відомостей, згідно з якими майже всі розглянуті амінокислоти природних матеріалів перетворюються в організмі людини на важливі біохімічні сполуки, кожна з яких справляє специфічний вплив на нормалізацію функціонування усіх систем та органів, сприяючи підтриманню здоров'я на належному рівні.

Наведена характеристика фізіологічних ефектів амінокислот свідчить про необхідність пошуку їх нових джерел, у тому числі нетрадиційних для харчової промисловості. Тому ми провели експериментальні дослідження з визначення кількісного вмісту амінокислот у зеленій масі рослин — цукрового буряку, моркви, амаранту. Отримані результати наведено в таб. 1, у дужках — дані амінокислотного скору незамінних амінокислот.

Таблиця 1. Амінокислотний склад білків зеленої маси рослин (г/100 г білка)

Амінокислоти	Зелена маса		
	буряку	моркви	амаранту
Валін	1,557 (32,8)	1,089 (21,7)	3,243 (64,8)
Ізолейцин	5,856 (146,4)	2,727 (68,2)	3,350 (87,7)
Лейцин	2,275 (32,5)	сліди	5,942 (84,9)
Лізин	2,11 (38,4)	0,580 (10,5)	5,271 (95,8)
Метіонін	5,065	4,526	0,673
Цистин	0,010	—	1,012
Сума сірковмісних	5,075 (145,0)	4,526 (129,3)	1,685 (48,1)
Треонін	3,288 (81,9)	0,958 (23,9)	3,770 (94,2)
Фенілаланін	2,975	3,388	5,050
Тирозин	5,278	3,292	3,540
Сума ароматичних	8,273 (137,8)	6,680 (111,3)	8,590 (143,1)
Триптофан	2,239 (22,3)	1,117 (11,2)	2,327 (23,2)
Аланін	5,935	2,613	3,152
Аргінін	11,356	9,679	5,701
Аспарагінова кислота	9,237	3,022	5,039
Гістидин	5,196	4,079	2,683
Гліцин	3,526	1,348	12,560
Глутамінова кислота	10,045	4,987	3,220
Пролін	25,123	30,966	3,612
Сірін	3,959	1,347	4,120

Аналіз табличних даних свідчить про досить багатий амінокислотний склад досліджених рослинних матеріалів. Особливо привабливими є результати з суми сірковмісних амінокислот у зеленій масі буряку та моркви, оскільки сучасні дослідження показали високі антиоксидантні властивості цих сполук, що є надзвичайно важливим при створенні харчової продукції антиоксидантної дії. Отже, загальна думка учених щодо цінності амінокислот для організму людини зводиться до того, що цей комплекс біологічно активних речовин є унікальним і тому повинен знайти якнайширше використання при розробленні харчових продуктів, передусім оздоровчої дії.

Відомо, що в організмі людей і тварин вміст білка значно вищий, ніж у рослин. Оскільки людина генетично ближча до тваринного світу, ніж до рослин, то саме

тваринні білки забезпечують оптимальний комплекс амінокислот для синтезу власних білків організму людини. Однак сьогодні, на думку фахівців, продукція тваринництва практично досягла своєї біологічної межі, і сподіватись на збільшення продуктивності й валового виробництва продуктів тваринного походження немає підстав.

Слід зазначити також, що порушення балансу амінокислот в організмі призводить до порушення синтезу білків. Разом з тим, при нестачі незамінних амінокислот в організмі накопичуються кислоти, що не беруть участі в синтезі білків. Ось чому білкова нестача, зменшення необхідної кількості амінокислот розглядається як початок захворювання: вона призводить до зниження діяльності травних ферментів і погіршення засвоєння компонентів їжі. Тривала білкова нестача викликає його повну втрату організмом, виснаження, повну втрату енергії, втрату маси, руйнування м'язів, анемію, і в найважчому випадку — смерть [15]. Кількість білків, необхідних для задоволення потреб організму, залежить від відносної маси незамінних амінокислот, що надходять з їжею. Повноцінні білки забезпечують співвідношення амінокислот у пропорції, що відповідає білкам наших власних тканин. Більшість рослинних білків, навіть дуже важливих, містять незначну кількість незамінних амінокислот або зовсім не містять деяких з них (особливо триптофану та лізину). В цьому випадку білковий продукт є неповноцінним для їжі. Білки злакових рослин поступаються за якістю білкам, що містяться в сої, квасолі та інших бобових культурах. Тому різноманітний раціон більшою мірою здатний забезпечити необхідну суміш амінокислот, ніж одноманітна їжа. Раціон із різних злакових та бобових продуктів рекомендовано вегетаріанцям, які повністю виключили тваринну їжу [16].

Для поліпшення структури харчування населення, для більш повного задоволення потреб організму людини в основних поживних речовинах та енергії необхідно збагачувати традиційні харчові продукти з неповноцінним складом амінокислот та створювати продукти нового покоління із збалансованим складом амінокислот. Відомо, наприклад, що біологічну цінність білка пшениці можна підвищити додаванням лізину, а білка кукурудзи — введенням лізину та триптофану.

У таблиці 2 наведено дані щодо впливу добавок різних амінокислот на коефіцієнт білкової ефективності борошна з різних зернових культур [17].

Таблиця 2. Вплив добавок амінокислот на коефіцієнт білкової ефективності борошна зернових культур

Різновид борошна	Добавка амінокислоти	Коефіцієнт білкової ефективності	
		З добавкою	Без добавки
Рисове	Лізін, 0,2% Треонін, 0,2%	2,6	1,5
Пшеничне	Лізін, 0,2%	1,6	0,7
Пшеничне	Лізін, 0,4% Треонін, 0,3%	2,7	0,7
Кукурудзяне	Лізін, 0,4%	1,1	0,9
Кукурудзяне	Лізін, 0,4% Триптофан, 0,07%	2,6	0,9

Тобто добавка лише 0,2% лізину до пшеничного борошна дає можливість більш ніж удвічі збільшити коефіцієнт білкової ефективності, а при сумісному введенні лізину та треоніну ця величина зростає у 4 рази і досягає значень, характерних для еталонного білка — казеїну. Такими ж є результати, отримані при збагаченні кукурудзяного борошна лізином (0,2%) в сумі з триптофаном (0,07%). Ці дані свідчать про те, що добавки незначної кількості незамінних амінокислот до борошна із різних зернових культур значно підвищують харчову цінність отриманих напівфабрикатів і в підсумку сприяють економії харчових ресурсів.

Організм здатен синтезувати необхідні білки в необхідних кількостях лише при наявності достатньої кількості усіх незамінних амінокислот — ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну, фенілаланіну, треоніну, триптофану, валіну (для дітей незамінною амінокислотою також є гістидин). За відсутності хоча б однієї із них білки не виробляються, а їжа використовується лише як джерело енергії або накопичується у жирових відкладеннях. Тому необхідно забезпечити адекватне постачання організму цими амінокислотами за допомогою відповідного харчування зі збалансованим складом тваринних та рослинних білків. І це є одним із найістотніших чинників здоров'я в сучасних умовах.

Висновки

Амінокислоти належать до життєво важливих біологічно активних сполук, без яких неможливе життя, ріст і розвиток організму. У здорової людини при повноцінному харчуванні спостерігається азотна рівновага стосовно кількості білків, які надійшли з їжею і у вигляді амінокислот засвоїлись організмом, і тієї кількості, що виводиться з організму у вигляді азоту сечі. Важливе значення має не лише збалансованість незамінних амінокислот у продукті, а й їхнє співвідношення із заміними, оскільки при нестачі останніх у раціоні в процесі утворення власних білків організму у збільшених кількостях витрачаються незамінні амінокислоти. При важких фізичних та психоемоційних навантаженнях потреба у білках зростає, і оптимальним варіантом забезпечення організму рекомендованим співвідношенням незамінних та заміних амінокислот є комбіноване харчування на основі сировини рослинного і тваринного походження.

Потреба у білках зводиться до потреби організму в амінокислотах, оскільки саме з них він синтезує необхідні білки. Для забезпечення надходження та використання будь-якої амінокислоти існує амінокислотний фонд організму. Необгрунтоване введення добавок амінокислот при розробленні нових харчових продуктів може призвести до небажаної зміни балансу амінокислотного фонду.

Практично всі амінокислоти природних матеріалів перетворюються в організмі людини на важливі біологічно активні сполуки, кожна з яких справляє специфічний вплив на нормалізацію функціонування усіх системи та органів. Наявний у сучасних умовах білковий дефіцит має тенденцію до постійного поглиблення. Для поповнення амінокислотної складової у раціонах харчування необхідним є пошук нових джерел білка, у тому числі нетрадиційних. Про-

ведені дослідження показують, що зелена маса багатьох сільськогосподарських культур може служити перспективним джерелом рослинного білка, до складу якого входять у достатніх кількостях усі незамінні амінокислоти. Поєднання такого рослинного білка з білком тваринного походження може забезпечити збалансоване білкове харчування і сприяти подоланню білкового дефіциту в населення України.

Література

1. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др. / под ред. А. П. Нечаева. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. 592 с.
2. Ikeda K. New seasonings. *Chemical Senses*. Vol. 27(9). November 2002. P. 847—849. DOI:10.1093/chemse/27.9.847.
3. Гігієна харчування з основами нутриціології: підручник / В. І. Ципріян та ін. Київ: Здоров'я, 2007. 565 с.
4. Chiaki S. History of glutamate production. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 90(3). September 2009. P. 728—732.
5. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 508 с.
6. McEntee W. J., Crook T. H. Glutamate: Its role in learning, memory, and the aging brain. *Psychopharmacology*. Vol. 111(4). 2003. P. 391—401.
7. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. Москва: Брандер-Медицина, 1998. 380 с.
8. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Левітін Є. Я. *Фізіологія харчування*: підручник. Суми: Університетська книга, 2011. 473 с.
9. Бохински Р. Современные воззрения в биохимии: учеб. пособие / пер. с англ. Москва: Мир, 1987. 544 с.
10. Бышевский А. Ш., Тирсенов О. А. Биохимия для врача. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. 384 с.
11. Григорова О. В., Ромасенко Л. В., Файзуллоев А. З. Применение глицина в лечении пациентов, страдающих расстройством адаптации. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-glytsina-v-lechenii-patsientov-stradayuschih-rasstroystvom-adaptatsii> (дата звернення 05.10.2020).
12. L-аргинин в фармакологической коррекции ишемии конечности. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/l-arginin-v-farmakologicheskoy-korreksii-ishemii-konechnosti> (дата звернення 01.10.2020)
13. Аткинс Р. Биодобавки доктора Аткинса. Природная альтернатива лекарствам при лечении и профилактике болезней / пер. с англ. А. П. Киселева. Москва: РИПОЛ-Классик, 1999. 480 с.
14. Северьянова Л. А., Долгинцев М. Е. Современные представления о действии аминокислоты L-лизина на нервную и иммунную регуляторные системы. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2007. № 2. С. 67—79.
15. Биохимия человека: в 2-х т. / Р. Марри, Д. Гренер, П. Мейес и др.; пер. с англ. Москва: Мир, 1993. 795 с.
16. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Технологія оздоровчих харчових продуктів: підручник. Київ: НУХТ, 2015. 402 с.
17. Akashi T. Amino Acid Production and Use to Improve Nutrition of Foods and Feeds. *Chemistry and World Food Supplies : New Frontier CHEMRAWN II*, ed. L.W. Shemilt. Oxford: Pergamon Press, 1983. P. 437—442.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ELECTRO-SPARK TREATMENT ON WHEY PROTEIN

O. Kochubey-Lytvynenko, O. Bilyk, A. Dubivko, O. Vysotskyi, D. Shvets
National University of Food Technologies

Key words:

Whey
Electro-spark discharges
Proteins
Protein fractions
Dispersion analysis

Article history:

Received 17.09.2020
Received in revised form
01.10.2020
Accepted 16.10.2020

Corresponding author:

O. Kochubey-Lytvynenko

E-mail:

okolit@email.ua

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the nature of the influence of electro-spark discharges on the fractional composition of whey proteins of different types and the aggregate state of protein particles.

The objects of the study were whey from sour milk cheese and sweet whey before and after treatment in reaction chambers with a conductive layer of magnesium and / or manganese and appropriate electrode systems. The study of changes in the dispersed state of protein particles was performed on model solutions of β -lactoglobulin (Sigma Aldrich) before and after heating to a temperature of 80°C and electro-spark treatment in the reaction chamber with a magnesium electrode system.

Based on the results of densitometric analysis of the optical density of the respective polypeptide zones, the conditional content of proteins was determined in the ranges of molecular masses of 14.2...18.4 kDa, 28.0...30.0 kDa, 60...90 kDa, 150 kDa.

The absence of significant changes in the fractional composition of the studied whey samples after electro-spark treatment was proved. A decrease in protein fractions in the range of molecular weights of 14.2...18.4 kDa and an increase in macromolecular protein fractions were observed. However, the changes were insignificant.

An assumption was made about the possible aggregation of proteins with a range of molecular weights of 14.2...18.4 kDa, in particular among themselves, under the influence of electrophysical factors, which was confirmed by the result of the dispersion analysis of a model solution of β -lactoglobulin (Sigma Aldrich) before and after heating to a temperature of 80°C and electro-spark treatment in the reaction chamber with a magnesium electrode system. Particle distribution histograms proved insignificant changes in the aggregate state of β -lactoglobulin particles after heating to 80°C and electro-spark treatment, namely slight particle aggregation and redistribution between the size range 1...10 nm and 1...1000 nm.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НА БІЛКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

О. В. Кочубей-Литвиненко, О. А. Білик, А. С. Дубівко,
О. О. Висоцький, Д. П. Швець

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена вивченню характеру впливу електроіскрових розрядів на фракційний склад білків молочної сироватки різних видів та агрегатний стан білкових частинок.

Об'єктами дослідження виступала молочна сироватка з-під сиру кислomолочного та підсирна до та після оброблення в реакційних камерах зі струмопровідним прошарком магнію і/або мангану та відповідними електродними системами. Вивчення змін дисперсного стану частинок білка здійснювали на модельних розчинах β -лактоглобуліну (Sigma Aldrich) до та після нагрівання до температури 80°C та електроіскрового оброблення в реакційній камері з магнієвою електродною системою.

За результатами денситометричного аналізу оптичної густини відповідних поліпептидних зон визначено умовний вміст протеїнів у діапазонах молекулярних мас 14,2...18,4 кДа, 28,0...30,0 кДа, 60...90 кДа, 150 кДа.

Доведено відсутність істотних змін у фракційному складі досліджуваних зразків молочної сироватки після електроіскрового оброблення. Відмічено зниження фракцій протеїнів у діапазоні молекулярних мас 14,2...18,4 кДа та зростання фракцій високомолекулярних протеїнів. Однак зміни несуттєві.

Висловлено припущення щодо можливого агрегування протеїнів з діапазоном молекулярних мас 14,2...18,4 кДа, зокрема між собою, під дією електрофізичних чинників, що знайшло підтвердження в результат дисперсного аналізу модельного розчину β -лактоглобуліну (Sigma Aldrich) до та після нагрівання за температури 80°C та електроіскрового оброблення в реакційній камері з магнієвою електродною системою. Гістограми розподілу частинок довели незначні зміни агрегатного стану частинок β -лактоглобуліну після нагрівання до температури 80°C та електроіскрового оброблення, зокрема незначне укрупнення частинок і перерозподіл між розмірним діапазоном 1...10 нм та 1...1000 нм.

Ключові слова: молочна сироватка, електроіскрові розряди, білки, фракції протеїнів, дисперсний аналіз.

Постановка проблеми. Проведення електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів у середовищі молочної сироватки (МС) може обумовити ряд фізико-хімічних процесів. Серед них можна виокремити такі [1]:

- перехід металу електродів і струмопровідних гранул у молочну сироватку: $M \leftrightarrow M_{(атом)}$ і $M \leftrightarrow M^{n+} + ne$, де M — відповідний метал, e — вільні електрони;
- утворення оксидних фаз Магнію і Мангану;
- можлива агрегація частинок металу: $M \leftrightarrow M_{(колоїд)}$;
- окисно-відновні процеси, обумовлені дією точкового електричного розряду;
- взаємодія частинок металу з компонентами сироватки: вуглеводами, білками, молочною і лимонною кислотами тощо.

Характер перебігу перших чотирьох позицій із зазначеного переліку фізико-хімічних процесів розкрито у працях [1—4]. Однак характер впливу електроіскрових розрядів (ЕІР) на білки вивчено недостатньо. Враховуючи, що зміни білків молочної сировини можуть спричинити вплив на її біологічну цінність, важливим є детальне вивчення дії електроіскрових розрядів на білки молочної сироватки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що залежно від природи денатуруючого впливу, його інтенсивності, а також структури білкових молекул спостерігаються різні денатураційні стани білка. Агрегування білкових частинок — це процес, що закріплює денатураційний стан молекул і перешкоджає повному проходженню ренатурації. В агрегуванні денатурованих молекул беруть участь ті ж самі зв'язки, що стабілізують нативну структуру глобулярних білків: гідрофобні, водневі, сольові, а також іноді дисульфідні [5].

У [5; 6] фактори, що можуть спричиняти денатурацію білкових молекул, умовно розділяють на три групи: фізичні (температура, тиск, сили поверхневого натягу, ультразвук, механічний вплив тощо), хімічні (H^+ , OH^- , органічні розчинники, аміди та їх похідні тощо) і біологічні (ферменти).

Тобто інноваційний електрофізичний метод оброблення молочної сироватки, зокрема дія електроіскрового розряду в реакційному середовищі, може спричинити ймовірні зміни білків МС. Як зазначалося вище, відомості про вплив електроіскрових розрядів на білки, їхній фракційний і агрегатний стан відсутні.

Однак у [7] зазначається, що електрохімічний та електрофізичний вплив на воду й розчинні в ній сполуки, зокрема білки, спричиняють руйнування гідратної оболонки білків та їх коагуляцію. Таке оброблення МС лежить в основі отримання молочно-білкових концентратів. М. К. Балага [8] доводить, що електричний струм в обробленому середовищі веде себе як сильний окисник чи відновник. Тому для об'єктивного оцінювання якості молочної сироватки, обробленої електроіскровими розрядами, актуальним є вивчення характеру їх впливу на фракційний та агрегатний стан білків.

Метою статті є дослідження характеру змін фракційного складу й агрегатного стану білків молочної сироватки різних видів під дією електроіскрових розрядів.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження виступала молочна сироватка з-під сиру кисломолочного та підсирана до та після оброблення в реакційних камерах зі струмопровідним прошарком магнію і/або мангану та відповідними електродними системами.

Вивчення змін дисперсного стану частинок білка здійснювали на модельних розчинах β -лактоглобуліну (Sigma Aldrich) до та після нагрівання до температури $80^\circ C$ та електроіскрового оброблення в реакційній камері з магнієвою електродною системою.

Для визначення протеїнового спектра досліджуваних зразків МС використовувався метод електрофорезу в поліакриламідному гелі (ПААГ) за наявності денатуруючого агента (ДСН).

На сьогодні значного поширення у розділенні протеїнів набув гель-електрофорез у ПААГ за денатуруючих умов, зокрема за наявності відновлювального агента — 2-меркаптоетанолу (β -МЕ) та детергенту — ДСН. При використанні цього методу виходять з таких припущень: 1) після обробки ДСН протеїни зна-

ходяться в повністю денатурованому стані; 2) кількість молекул ДСН, що зв'язалися з поліпептидом, пропорційна його довжині та, відповідно, молекулярній масі; 3) власний заряд поліпептиду є неістотним порівняно із зарядом зв'язаного з ним ДСН. За таких умов усі поліпептиди мають однаковий питомий заряд і розділяються зворотно пропорційно логарифму їх молекулярної маси. Після розділення протеїнів гелі зафарбовують для візуалізації наявних поліпептидних зон.

Перед початком роботи було проведено аналіз вмісту протеїну в зразках, що необхідно для нормалізації об'ємів проб, які наносяться на пластину ПААГ. Вимірювання проводили на спектрофотометрі у кюветках з довжиною пробігу променю 1 см за допомогою спектрофотометра СФ-2000-02 (ОКБ Спектр, Росія) за методом Стошека [9]. Оптичну густину оцінювали при 280 та 320 нм, вміст протеїнів у зразку розраховували за формулою: [протеїни, мг/см³] = (OD280-OD320) x розведення.

Після визначення концентрації протеїнів зразки молочної сироватки змішували з буфером Леммлі (1:1) такого складу: трис-НСІ буфер (62,5 ммоль/дм³, рН 6,8), 0,1% ДСН, 10% гліцерину та 0,001% бромфенолового синього та прогрівали зразки за температури +90°C протягом 5 хв. Електрофоретичне розділення проводили у пластинах 10% та градієнтного (5÷17%) ПААГ згідно з методикою [10]. Як електродний буфер використовували 25 ммоль/дм³ трис-НСІ (рН 8,6), що містив 0,192 ммоль/л гліцерину та 0,1% ДСН. Напруга при концентруванні зразків становила 45...60 В, розділення проводили за напруги, що не перевищувала 180 В. У випадку електрофорезу у 10% ПААГ концентрація протеїнів становила 50 мкг на лунку, при проведенні електрофорезу у градієнті ПААГ — 75 мкг на лунку. Після завершення електрофорезу гелі забарвлювали у спиртовому розчині Coomassie R-250 протягом 30 хв. Знебарвлювали гелі в розчині етанолу й оцтової кислоти, після чого сканували їх для отримання цифрового зображення. Відносний вміст поліпептидних зон визначали з використанням денситометричного аналізу за допомогою програми Total Lab-120 (США). Ідентифікацію поліпептидних зон проводили згідно з рекомендаціями [11].

Статистичний розподіл розмірів частинок білка в модельних розчинах визначали методом динамічного світлорозсіювання на аналізаторі Malvern Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Велика Британія) з кутом детектування 173°, гелій-неоновим лазером He-Ne потужністю 4 мВт з довжиною хвилі 633 нм. Зразки розміщували в одноразові кювети з полістиролу. Всі вимірювання здійснювалися за температури 25°C. Для контролю повторюваності результатів для кожного зразка було виконано не менше трьох-п'яти вимірів. Розподіл за розмірами в одиницях інтенсивності були отримані з аналізу кореляційних функцій з використанням алгоритму General purpose програмного забезпечення аналізатора Zetasizer Software 6.20.

Результати і обговорення. Результати електрофоретичного розділення протеїнів молочної сироватки з-під сиру кисломолочного (ССК) та підсирної (ПС) до та після електроіскрового оброблення (ЕІО) в реакційних камерах з магнієвою і/або мангановою електродними системами представлені на рис. 1.

Аналіз поліпептидного складу дослідних зразків ССК і ПС, розділених у ПААГ з різною концентрацією акриламиду, свідчить, що електрофорез у градієнті ПААГ дає змогу проводити більш повне розділення протеїнів, ніж електрофорез у моногелі (див. рис. 1 а, б). Більшою мірою це стосувалося аналізу

відносно низькомолекулярних протеїнів, у яких молекулярна маса (M_n) не перевищує 20 кДа: зокрема β -лактоглобулін (18,4 кДа) та α -лактальбумін (14,2 кДа) (див. рис. 1, а). Тому при подальшому аналізі електрофореграм вибір було зупинено на градієнтному ПААГ.

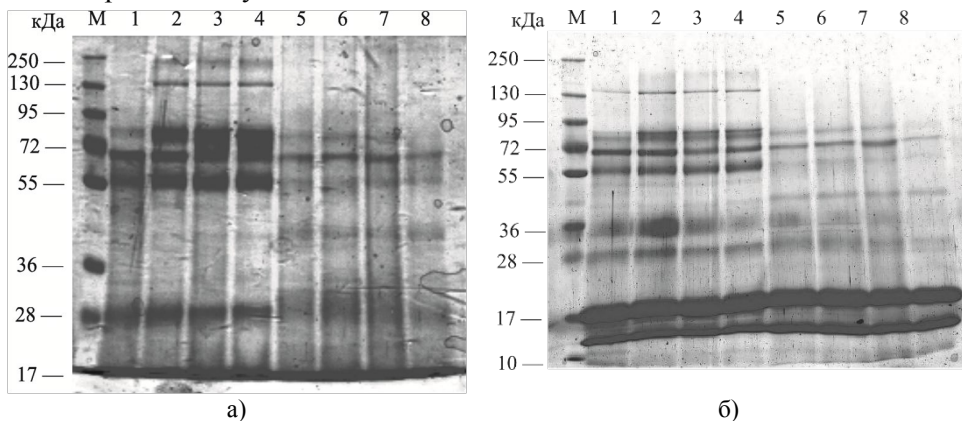


Рис. 1. Електрофореграма протеїнів молочної сироватки до та після електроіскрового оброблення, отримана з використанням диск-електрофорезу у 10% (а) та градієнтному 5÷17% ПААГ(б): 1 — ССК необроблена (контроль); 2 — ССК, оброблена в реакційній камері з магнісною електродною системою; 3 — ССК, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 4 — ССК, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнісною та мангановою електродними системами; 5 — ПС необроблена (контроль); 6 — ПС, оброблена в реакційній камері з магнісною електродною системою; 7 — ПС, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 8 — ПС, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнісною та мангановою електродними системами

За результатами денситометричного аналізу оптичної густини відповідних поліпептидних зон визначено умовний вміст протеїнів у діапазонах молекулярних мас 14,2...18,4 кДа (рис. 2, а), 28,0...30,0 кДа (рис. 2, б), 60...90 кДа (рис. 3, а), 150 кДа (рис. 3, б).

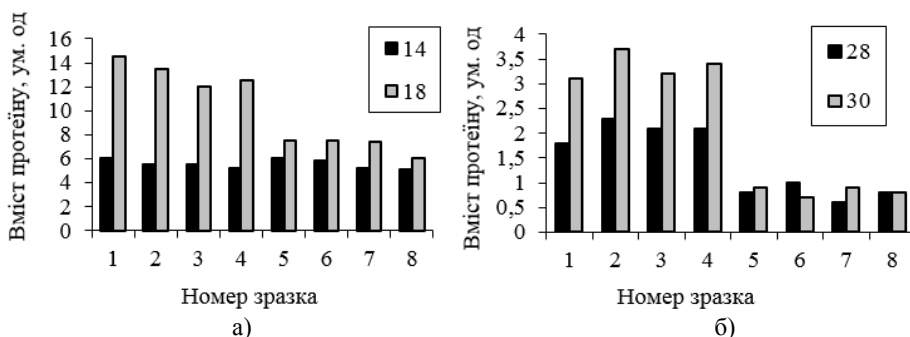


Рис. 2. Відносний вміст протеїнів у діапазонах молекулярних мас 14,2...18,4 кДа (а) та 28,0—30,0 кДа (б): 1 — ССК необроблена (контроль); 2 — ССК, оброблена в реакційній камері з магнісною електродною системою; 3 — ССК, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 4 — ССК, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнісною та мангановою електродними системами; 5 — ПС необроблена (контроль); 6 — ПС, оброблена в реакційній камері з магнісною електродною системою; 7 — ПС, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 8 — ПС, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнісною та мангановою електродними системами

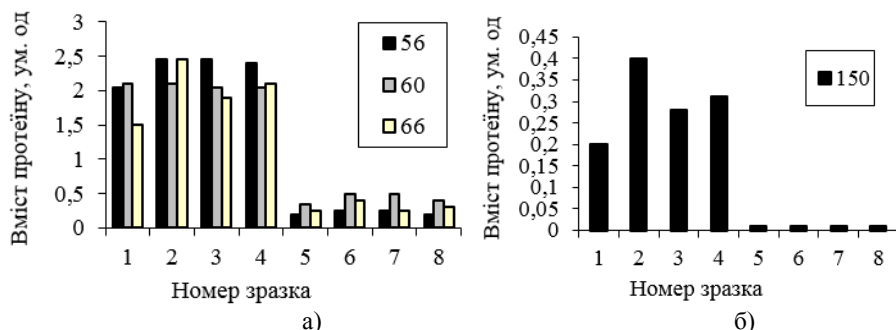


Рис. 3. Відносний вміст протеїнів у діапазонах молекулярних мас 56,0...90,0 кДа (а) та 150 кДа (б): 1 — ССК необроблена (контроль); 2 — ССК, оброблена в реакційній камері з магнієвою електродною системою; 3 — ССК, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 4 — ССК, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнієвою та мангановою електродними системами; 5 — ПС необроблена (контроль); 6 — ПС, оброблена в реакційній камері з магнієвою електродною системою; 7 — ПС, оброблена в реакційній камері з мангановою електродною системою; 8 — ПС, послідовно оброблена в реакційних камерах з магнієвою та мангановою електродними системами

Істотних відмінностей у фракційному складі досліджуваних зразків молочної сироватки не знайдено. Зміна відносного вмісту протеїнів різних фракцій була в межах похибки або незначною.

Так, аналіз фракції протеїнів у діапазоні молекулярних мас 14,2...18,4 кДа, що відповідають α -лактальбуміну та β -лактоглобуліну, засвідчив зниження відносної кількості першого лише на 0,1...0,4 ум. од., другого — на 1,0...2,5 ум. од. Таке зниження відносної кількості протеїнів цих фракцій можна пояснити похибкою вимірювання та незначною денатурацією в зоні електроіскрового розряду. Слід відмітити, що ступінь зниження цих протеїнів різнився залежно від виду МС, що можна пояснити відповідно до [5; 6] сукупним впливом хімічного і фізичного денатуруючих факторів — рН і електроіскрових розрядів.

Перехід дестабілізованих сироваткових білків фракцій α -лактальбуміну та β -лактоглобуліну з розчинного у нерозчинний стан, як відомо, може супроводжуватися агрегуванням між собою та міцелами ККФК. Це відбувається внаслідок імовірного вивільнення неполярних і полярних реакційних груп та цілих ланок пептидного ланцюга при розверненні поліпептидного ланцюга під дією електроіскрового розряду та формування нових зв'язків [8]. Результати аналізу фракції у діапазоні молекулярних мас 28,0...30 кДа (2, б) підтверджують можливий перебіг таких подій, що засвідчує незначне зростання сумарної умовної кількості ізоформ казеїну після електроіскрового оброблення на 0,1 ум.од. для ПС та 0,5...1,0 ум. од. для ССК. Найбільше зростання (на 1,0 ум.од.) спостерігалось в ССК після оброблення в реакційній камері з магнієвою електродною системою, що пояснюється формуванням додаткових магнієвих місточків для комплексоутворення. Проте слід відмітити, що об'єм МС, який піддається впливу електроіскрових розрядів менше 1%, тому дія можливого денатуруючого фактора незначна.

Підтвердженням висловленого припущення щодо можливого агрегування протеїнів з діапазоном молекулярних мас 14,2...18,4 кДа, зокрема між собою, під дією електрофізичних чинників є результати дисперсного аналізу модельного розчину β-лактоглобуліну (Sigma Aldrich) до (рис. 4, а), після нагрівання до температури 80°C (рис. 4, б) та ЕЮ в реакційній камері з магнієвою електродною системою (рис. 4, в). Так, гістограми розподілу частинок доводять незначні зміни агрегатного стану частинок β-лактоглобуліну після нагрівання за температури 80°C та ЕЮ, зокрема спостерігається незначне укрупнення частинок і перерозподіл між розмірним діапазоном 1...10 нм та 1...1000 нм. Характер змін під дією температурного чинника та електроіскрових розрядів був подібним.

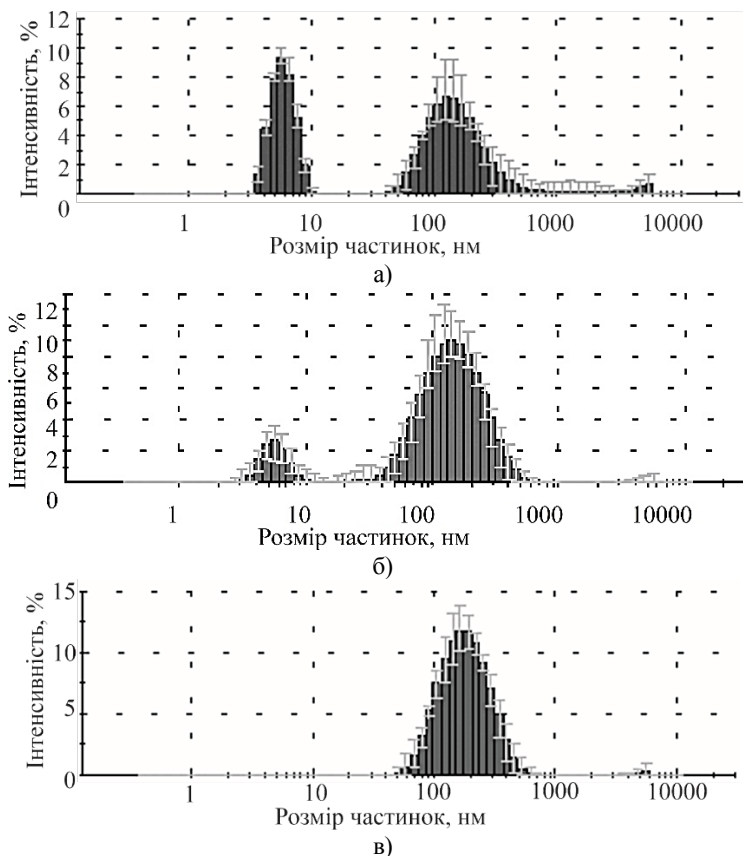


Рис. 4. Дисперсний аналіз модельного розчину β-лактоглобуліну (Sigma Aldrich):
 а — до оброблення; б — після нагрівання за температури 80°C; в — ЕЮ в реакційній камері з магнієвою електродною системою

Наявність у дослідному зразку, обробленому в реакційній камері з магнієвою електродною системою, частинок розміром 1...10 мкм пояснюється збагаченням його частинками магнію в ультра- та мікророзмірному діапазонах.

У дослідних зразках МС після електроіскрового оброблення спостерігається зростання фракцій протеїнів в діапазонах 56,0...90,0 кДа та 150 кДа. Проте, як і в попередніх фракціях, зміни незначні.

Однак варто зазначити, що зразки за вмістом цих фракцій розташовані так: № 2 > № 4 ≥ № 3 > № 1, у зразках 5—8 зміни практично невідчутні. Це спостереження можна пояснити збільшенням іонів магнію в зразках 2 і 4, що відіграють роль додаткових містків при зв'язуванні пептидів та амінокислот.

Важливе спостереження стосується наявності у незначних кількостях високомолекулярних поліпептидів з молекулярною масою ~ 230 кДа після електрофорезу у пластині 10% ПААГ (рис. 1, а) в зразках № 2—4, тоді як у зразках 1, 5—8 вони були відсутніми.

Висновки

Отже, доведено відсутність істотних змін у фракційному складі досліджуваних зразків молочної сироватки після електроіскрового оброблення. Відмічено зниження фракцій протеїнів у діапазоні молекулярних мас 14,2...18,4 кДа та зростання фракцій високомолекулярних протеїнів. Однак зміни несуттєві.

Література

1. Кочубей-Литвиненко О. В., Іщенко В. М., Лопатько К. Г., Фоменко В. В. Перетворення компонентів молочної сироватки в процесі електроіскрового оброблення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2015. № 2. С. 316—326.
2. Кочубей-Литвиненко О. В., Чернюшок О. А. Електрофізичний спосіб збагачення сухої молочної сироватки мінеральними елементами. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19, № 75. С. 115—119.
3. Кочубей-Литвиненко О. В., Лопатько К. Г. Спосіб обогачення молочної сыворотки коллоїдними частинами магнія і марганца. *Scientific works of University of food technologies*. 2015. Vol. 62. P. 131—134.
4. Kochubei-Lytvynenko O. The effect of electrical discharge treatment of milk whey on partial conversion of lactose into lactobionic acid. *Food Science and Technology*. 2018. 12(3). PP. 40—49.
5. Hafiz A. Principles and reactions of protein extraction, purification, and characterization. CRC Press LLC, 2005. 389 p.
6. Мудрикова О. В., Митрохин П. В. Исследование влияния детергентов на белки молока. *Техника и технология пищевых производств*. 2010. № 1(16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-detergentov-na-belki-moloka> (дата обращения: 14.08.2020).
7. Спринчан Е. Г. Оптимизация выделения белков при электрофизической обработке молочной сыворотки. *Электронная обработка материалов*. 2010. № 6(266). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-vydeleniya-belkov-pri-elektrofizicheskoy-obrabotke-molochnoy-syvorotki> (дата обращения: 12.08.2020).
8. Болога М. К., Пыргару Ю. М. Процессы электроконтактной коагуляции сывороточных белков. *Электронная обработка материалов*. 1993. № 6. С. 46—50.
9. Stoscheck C. M. Quantitation of protein. *Methods Enzymol.* 1990. Vol. 182. P. 50—68.
10. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T. 4. *Nature*. 1970. № 227. P. 680—685.
11. Milk protein — from structure to biological properties and health aspects. Editor by Isabel Gigli, Intech. 2016. 298 p.

ANTIOXIDANT CAPACITY AND ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS OF CONFECTIONERY WITH COCOA AND CEROBICS

S. Boruk

Yu. Fedkovych national University of Chernivtsi

Key words:

*Antioxidant capacity
Organoleptic parameters
Cocoa powder
Carobs of various degrees
of heat treatment
Confectionery*

Article history:

Received 28.09.2020
Received in revised form
13.10.2020
Accepted 28.10.2020

Corresponding author:

S. Boruk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

In the process of production, processing and storage food products are oxidized by oxygen. As a result of such exposure, toxic substances accumulate, the biological value of the product decreases, organoleptic parameters deteriorate and, as a result, shelf life decreases. Oxidative reactions more actively occur with increasing temperature and in the presence of free oxygen and metals with variable valence in the product. It is possible to reduce the influence of negative factors and prevent oxidative degradation of food with the help of antioxidants. The use of antioxidants makes it possible to extend the shelf life of raw food materials, semi-finished products and finished products, protecting them from damage caused by oxidation by oxygen.

The work is devoted to the comparative analysis of the antioxidant capacity of confectionery products with cocoa powder and carobs of different degrees of heat treatment, as well as to the establishment of organoleptic properties of such products. It was found that cocoa powder and carob contain a wide range of antioxidants that are well extracted with hot water. It is shown that the processes of extraction of antioxidants from the studied additives do not occur completely. Some substances remain in the sediment. It has been shown that the antioxidant capacity of carob was higher than that of cocoa. This dependence was observed when using both the extractant as alcohol and water, with or without sediment. Therefore, cocoa in addition to polyphenols contains other substances that have antioxidative activity. In a number of carobs there is an increase in the content of mobile forms of polyphenols with increasing degree of heat treatment. Due to heat treatment during the manufacture of confectionery antioxidant capacity of the studied additives decreased. The antioxidant capacity of carob was reduced to a lesser extent than cocoa. It was shown that all organoleptic characteristics of products containing cocoa and carob were within the norm, which made it possible to recommend them for use in production.

АНТИОКСИДАНТНА ЗДАТНІСТЬ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ КАКАО І КЕРОБІВ

С. Д. Борук

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Харчові продукти в процесі виробництва, переробки та зберігання піддаються окислюванню киснем повітря. В результаті такого впливу відбувається накопичення токсичних речовин, знижується біологічна цінність продукту, погіршуються органолептичні показники та, як наслідок, зменшуються терміни придатності. Більш активно окислювальні реакції відбуваються при підвищенні температури та за наявності у складі продукту вільного кисню і металів зі змінною валентністю. Знизити вплив негативних факторів і запобігти окислювальній деградації харчових продуктів можливо за допомогою антиокислювачів. Використання антиокислювачів надає можливість продовжити термін зберігання харчової сировини, напівфабрикатів і готових продуктів, захищаючи їх від псування, спричиненого окисленням киснем повітря.

У статті проведено порівняльний аналіз антиоксидантної здатності кондитерських виробів з какао-порошком і кербями різного ступеня термічної обробки, а також визначено органолептичні властивості таких виробів. Установлено, що какао-порошок і кербоби містять широкий спектр антиоксидантів, які добре екстрагуються гарячою водою. Показано, що процеси екстракції антиоксидантів з досліджуваних добавок відбуваються не повністю. Частина речовин залишається в осаді. З'ясовано, що антиоксидантна здатність кербобів вища, ніж у какао. Така залежність спостерігається при використанні як екстрагента спирту та води з осадом або без нього. Отже, какао, крім поліфенолів, містить інші речовини, що мають антиоксидантну активність. У ряді кербобів відбувається зростання ступеня вимивання поліфенолів зі збільшенням ступеня термічної обробки. Внаслідок термічної обробки під час виготовлення кондитерських виробів антиоксидантна здатність досліджуваних добавок зменшується, причому у кербобів менше, ніж у какао. Показано, що всі органолептичні показники виробів з вмістом какао та кербобів знаходяться в межах норми, що дає змогу рекомендувати їх до застосування у виробництві.

Ключові слова: *антиоксидантна здатність, органолептичні показники, какао-порошок, кербоби різного ступеня термічної обробки, кондитерські вироби.*

Постановка проблеми. Сучасні підприємства кондитерської галузі випускають широкий асортимент продукції. Кондитерські вироби багатокомпонентні, містять інгредієнти, здатні взаємодіяти з киснем повітря. Такі складові (передусім рослинні й тваринні жири) в процесі виробництва, переробки та зберігання

окислюються з утворенням токсичних речовин. Також знижується біологічна цінність продукту, погіршуються органолептичні показники та, як наслідок, зменшуються терміни придатності. Більш активно окислювальні реакції відбуваються при підвищенні температури та за наявності у складі продукту вільного кисню і металів зі змінною валентністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Знизити вплив негативних факторів і запобігти окислювальній деградації харчових продуктів можливо за допомогою антиокислювачів. Використання антиокислювачів надає можливість продовжити термін зберігання харчової сировини, напівфабрикатів і готових продуктів, захищаючи їх від псування, спричиненого окисленням киснем повітря [1—3].

Використання індивідуальних антиокислювачів не завжди надає можливість повністю захистити продукт від окислювального псування, тому частіше використовують декілька антиокислювачів одночасно. За таких умов відбувається явище синергізму, при якому посилюються антиоксидантні властивості кожного з антиокислювачів. Високий вміст поліфенолів є в какао, але його споживання обмежене для певних категорій людей [4—9].

Мета статті: визначення антиоксидантної здатності потенційних заміників какао та їх вплив на органолептичні характеристики кондитерських виробів.

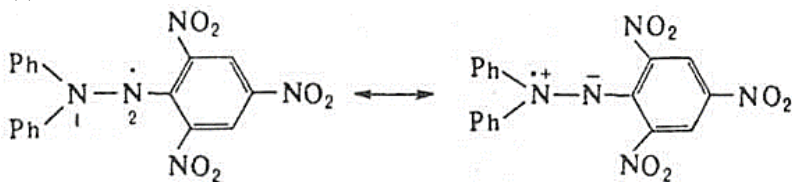
Викладення основних результатів дослідження. Для виконання поставлених завдань як об'єкт дослідження було обрано тісто традиційної рецептури [1] з використанням борошна пшеничного вищого гатунку за ДСТУ 46.004-99.

Як добавки використовували:

- какао-порошок за ДСТУ 4391:2005;
- кероб світлий (низький ступінь термічної обробки);
- кероб медіум (середній ступінь термічної обробки);
- кероб темний (високий ступінь термічної обробки).

Характеристики наведені на основі висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи керобу від 23.02.2012, № 05.03.02-03/13533.).

Антиоксидантну активність речовин визначали за їх здатністю поглинати вільні радикали. Антирадикальну дію зручно вивчати, застосовуючи стабільні вільні радикали, до яких належить, зокрема, *DPPH* — 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразил радикал:



DPPH — кристалічна речовина, що має інтенсивне фіолетово-чорне забарвлення, розчиняється лише в органічних розчинниках. У кристалічному вигляді стійкий, у розчинах чутливий до дії світла.

Метод *DPPH* демонструє загальну антирадикальну активність досліджуваної речовини. Принцип методу полягає у вимірюванні інтенсивності забарвлення

спиртового розчину цього стабільного радикалу до і після додавання досліджуваної речовини або суміші речовин. Спиртовий розчин *DPPH* має пурпурно-синє забарвлення, при додаванні до нього розчину речовини з радикал-поглинаючою активністю радикал відновлюється. Відновлена форма має світло-жовте забарвлення, відповідно, інтенсивність забарвлення розчину зменшується пропорційно до зменшення концентрації вільного радикала.

Оптична густина розчину вимірюється спектрофотометрично, при довжині хвилі 517 нм. Порівняння величин оптичної густини контрольного розчину, що містить лише невідновлений радикал, і досліджуваних розчинів дає змогу обчислити відсоток поглинання радикалів *DPPH*.

Для вимірювання радикал-поглинаючої активності готували вихідні розчини тестованих речовин концентрацією $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л в етиловому спирті та розчин радикалу 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразу (ДФПГ) концентрацією $1,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Змішували 2,7 мл розчину ДФПГ вихідної концентрації та 0,3 мл розчину досліджуваних сполук. Суміш витримували за кімнатної температури протягом 30 хв, після чого вимірювали оптичну густина розчинів за довжини хвилі $\lambda=517$ нм. Паралельно готували контрольну суміш 2,7 мл розчину ДФПГ вихідної концентрації та 0,3 мл етанолу. Радикал-поглинальну активність сполук обчислювали за формулою:

$$\text{РПА} = \frac{A_{DPPH} - A_S}{A_{DPPH}} \cdot 100\%,$$

де A_{DPPH} — оптична густина розчину вільного радикала ДФПГ;

A_S — оптична густина розчину ДФПГ із тестованою речовиною.

Вимірювання проводили тричі з незалежними аліквотами.

Визначення вмісту поліфенолів у порошках какао та кербу проводили оптичним методом. За довжина хвилі $\lambda = 765$ нм будували калібрувальний графік залежності оптичної густини розчинів галової кислоти від концентрації.

Для визначення вмісту полі фенолів у какао-порошку та кербках 0,5 г добавки речовини поміщали у мірну колбу (50 мл), додавали 25 мл горячої води (80°C), перемішували та вводили 5 мл ацетонітрилу. Доводили до мітки.

По 1 мл одержаного екстракту переносили у пробірки та додавали по 5 мл реактиву Folin-Ciocalteu, потім за 5 хв вносили по 4 мл розчину натрій карбонату. Одержану суміш залишали на 1 год за кімнатної температури. Вимірювали оптичну густина за довжини хвилі 765 нм.

Розрахунки проводили за формулою:

$$C_{\text{пф, \%}} = \frac{(D1 - D0) \cdot V \cdot d \cdot 100}{S \cdot m \cdot 10000 \cdot w},$$

де $D1$ та $D0$ — оптична густина робочого розчину та холостого досліді;

V — об'єм екстракту;

d — коефіцієнт розведення;

S — тангенс кута нахилу залежності калібрувального графіка;

m — маса вихідної речовини, г;

w — масова частка сухої речовини, %.

Як показали проведені дослідження, всі добавки містять широкий спектр антиоксидантів, які добре екстрагуються гарячою водою (табл. 1). У всіх випадках вода екстрагує більше речовин, ніж спирт. Враховуючи, що в кондитерських виробках нерозчинна у воді частина добавок також споживається людиною, встановлювали антиоксидантну здатність дисперсної системи в цілому: розчин + осад. Встановлено, що наявність осаду підвищує антиоксидантну активність добавок. Тобто процеси екстракції антиоксидантів з досліджуваних добавок відбуваються не повністю. Проведені дослідження показали, що кербоби мають більшу антиоксидантну здатність, ніж какао-порошок. Така залежність спостерігається у всіх досліджуваних системах з використанням як екстрагента спирту та води з осадом або без нього.

Проведені дослідження показали, що вміст поліфенолів у какао на порядок менший, ніж у кербобах (рис. 1). Отже, какао, крім поліфенолів, містить інші речовини, що мають антиоксидантну активність. У кербобів відбувається поступове зростання вмісту поліфенолів в екстракті при збільшенні ступеня термічної обробки. Тож, проведення термічної обробки призводить до зростання частки полі фенолів, здатних переходити у водне середовище.

Таблиця 1. Антиоксидантна здатність какао-порошку і кербобів, %

Зразок	У спирті	У воді
Без осаду(після центрифугування)		
Какао-порошок	16,2	36,1
Кербоб темний	69,1	73,8
Кербоб медіум	74,1	74,6
Кербоб світлий	74,8	72,4
З осадом (без центрифугування)		
Какао-порошок	23,8	53,3
Кербоб темний	74,8	72,5
Кербоб медіум	74,4	70,1
Кербоб світлий	74,4	71,6

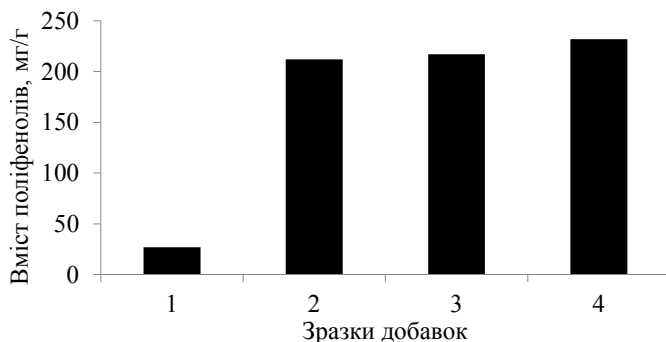


Рис. 1. Вміст поліфенолів: 1 — какао; 2 — кербоб світлий; 3 — кербоб медіум; 4 — кербоб темний

Технологія виготовлення кондитерських виробів передбачає використання високих температур за умов вільного доступу кисню, що може вплинути на антиоксидантну здатність досліджуваних добавок. Для визначення стійкості речовин-антиоксидантів, що містяться в цих добавках, ми готували пісочне печиво за традиційною рецептурою [1] із вмістом добавок 10% (мас.) з подальшим визначенням його антиоксидантної здатності й органолептичних властивостей. Одержані результати перераховували на масу добавки.

Встановлено, що антиоксидантна здатність добавок під час випікання зменшується. При цьому для кербів зменшення відбувається у меншому ступені, ніж для какао порошку (табл. 2). Термічного руйнування поліфенолів не відбувається (рис. 2).

Дослідження якості готових виробів проводили за органолептичними показниками. Визначали зовнішній вигляд виробів (форма, колір, товщина скоринки, наявність і відсутність тріщин), стан м'якушки виробів (ступінь пропеченості, рівномірність розподілу, наявність пор, відсутність пустот, наявність непромісу); їх консистенцію (характеристика свіжості та пропеченості); смак і запах виробу (властивий виробу, наявність сторонніх присмаків і запахів).

Результати порівняння органолептичних показників печива з вмістом какао та кербів наведені у табл. 3.

Таблиця 2. Антиоксидантна здатність добавок після випікання у складі пісочного печива, %

Зразок	Антиоксидантна здатність, %
Какао-порошок	24,3
Керб темний	65,7
Керб медіум	61,8
Керб світлий	61,4

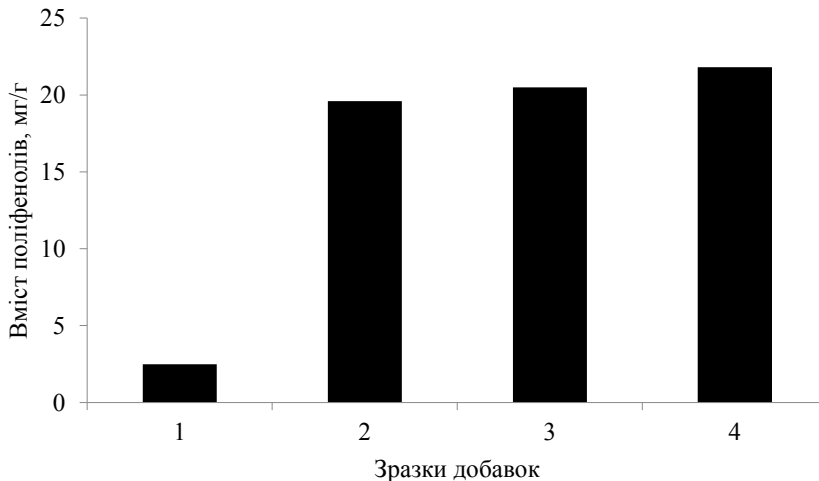


Рис. 2. Вміст поліфенолів у печиві з вмістом: 1 — какао; 2 — керб світлий; 3 — керб медіум; 4 — керб темний

Таблиця 3. Порівняльна характеристика органолептичних показників виробів з вмістом какао, керобів світлого, медіум, темного

Назва показника	Какао	Кероб світлий	Керб медіум	Кероб темний
Зовнішній вигляд	Поверхня рівномірна з дрібними тріщинами, забарвлення рівномірне	Поверхня рівномірна з тріщинами і малою кількістю точок	Поверхня рівномірна з тріщинами і малою кількістю точок	Поверхня нерівномірна з тріщинами середнього розміру, з точками керобу
Колір	Типовий світло-коричневий, рівномірний	Жовто-коричневий, рівномірний	Жовто-коричневий, рівномірний	Коричневий, нерівномірний
Колір м'якушки	Світло-жовтий, однаково інтенсивний	Світло-жовтий з вкрапленнями керобу	Світло-жовтий відтінком з вкрапленнями керобу	Світло-коричневий з вкрапленнями керобу
Консистенція	Крихка, з дрібними порами	Крихка, з дрібними порами більш щільна, ніж з какао	Крихка, з дрібними порами, більш щільна, ніж в попередніх виробках	Крихка, з дрібними порами, більш щільна, ніж в попередніх виробках
Запах	Властивий печеним виробам	Властивий печеним виробам	Властивий печеним виробам	Властивий печеним виробам
Смак	Типовий для какао, солодкий, без сторонніх присмаків	Характерний, солодкий, без присмаку какао	Характерний, солодкий, без присмаку какао	Характерний, солодкий, без присмаку какао з гіркуватим присмаком
Стан м'якушки	Пропечений рівномірний	Пропечений, забитий, відсутність недомісу	Пропечений, забитий, відсутність недомісу	Пропечений, забитий, відсутність недомісу

У результаті порівняння готових виробів з різними добавками встановлено, що у виробках з вмістом какао всі органолептичні показники знаходяться в межах норми. У виробках з вмістом керобу більшість органолептичних показників близькі до норми, тобто смак, колір виробів не погіршуються. При переході від керобу світлого до керобу темного відбувається поступове зниження органолептичних показників якості виробів.

Висновки

Встановлено, що какао та кероби містять широкий спектр антиоксидантів, які добре екстрагуються гарячою водою. Показано, що процеси екстракції антиоксидантів з досліджуваних добавок відбуваються не повністю. Частина речовин залишається в осаді. Антиоксидантна здатність керобів вища, ніж какао. Така залежність спостерігається при використанні як екстрагента спирту та води з осадом або без нього.

З'ясовано, що вміст поліфенолів у какао менший, ніж у кербках. Отже, какао, крім поліфенолів, містить інші речовини, що мають антиоксидантну активність. Проведення термічної обробки кербків призводить до зростання частки поліфенолів, здатних екстрагуватися з твердої фази.

Встановлено, що антиоксидантна здатність досліджуваних добавок у складі пісочного печіва під час його випікання зменшується, причому в кербків менше, ніж у какао-порошку. Всі органолептичні показники виробів з вмістом какао та кербків знаходяться в межах норми, що надає можливість рекомендувати їх до застосування у виробництві.

Література

1. Павлов А. В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий. М.: Гидрометеиздат, 1998. 294 с.
2. Зверева Л. Ф., Немцова З. С., Волкова Н. П. Технология и теххимический контроль хлебо-пекарного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 415 с.
3. Кузнецова Л. С., Сиданова М. Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий. М.: Академия, 2008. 319 с.
4. Кравченко М. Ф., Романовська О. Л., Борук С. Д. Порівняльний аналіз реологічних характеристик дисперсних систем на основі какао та кербку. *Науковий вісник Чернівецького університету. Хімія*. Чернівці, 2015. Вип. 753. С. 41—45.
5. Борук С. Д., Герич О. Ю., Романовська О. Л. Заміна манної крупи на крупу кіноа в кондитерських виробках як напрям підвищення їх рівня харчової безпеки. II Міжнародна науково-практична конференція «Якість і безпека харчових продуктів». Київ. 2017. С. 120—121.
6. Sergiy Boruk, Igor Winkler, Olga Romanovska, Olga Gerych. Quinoa as a substitute for semolina: some aspects and problems of introduction. *Food and Environment Safety. Journal of Faculty of Food Engineering. Ștefancel Mare University. Suceava*. Volume XVI, Issue 4. 2017. P. 196—201.
7. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукові основи формування споживних властивостей і зберігання якості борошняних кондитерських виробів: монографія. Л.: ЛКА. 2009. 456 с.
8. Gómez M., Doyagüe M., Hera E. Addition of pin-milled pea flour and air-classified fractions in layer and sponge cakes. *Food Science and Technology*. 2012. Vol. 46, Issue 1. P. 142—147.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

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).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань;
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруків 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 статті має бути не менший 15 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

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 містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у 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 або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років. Також слід обмежити посилання на власні публікації, оскільки це знижує наукову цінність статті та індекс цитування автора.

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.

9. Ілюстрації (креслення, рисунки, схеми, діаграми) мають бути розміщені в тексті. **Обов'язковою вимогою** є надсилання оригінальних файлів рисунків, створених у програмі-редакторі Corel Draw X6.

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. Знімок екрана (скріншот) виконується на світлому фоні.

Фотографії мають бути чіткими та контрастними (формати TIF, JPG з роздільною здатністю 300 dpi), розмірами 6×9. Фотографії друкуються у разі крайньої потреби. Авторам краще завантажити фотографії на хмарний сервіс і у 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. Індeksi 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. Індeksi, 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