НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Харчова промисловість

Заснований у 1965 р.

33-34

Київ НУХТ 2023

UDC 664(04) (082)

Results of research and development operations on technology of foodstuff, chemical, biochemical, microbiological processes, devices, the equipment, automation of food productions and economy of the food industry are provided.

The journal was designed for scientists, engineers and technical personnel of the food industry

Journal "Food Industry" is included into the list of professional editions of Ukraine of technical sciences (Decree of MES of Ukraine # 32 from January 15, 2018) and the category "Б" (Decree of MES of Ukraine # 612 from May 7, 2019, # 975 from July 11, 2019; in specialties 122, 133, 141, 144, 151, 162, 181), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal "Food Industry" is indexed by the following scientometric databases:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Publications are represented in authoring edition.

УДК 664(04) (082)

Висвітлені результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Журнал «Харчова промисловість» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних наук (Наказ МОН України № 32 від 15.01.2018) та категорію «Б» (Накази МОН України № 612 від 07.05.2019 р. та № 975 від 11.07.2019, за спеціальностями 122, 133, 141, 144, 151, 162, 181), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Харчова промисловість» індексується такими наукометричними базами:

- Google Scholar
- Index Copernicus

Статті друкуються в авторській редакції.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
01601 Kyiv, Ukraine
(044) 287-92-45, internal 92-45
E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
м. Київ, 01601
(044) 287-92-45, внутрішній 92-45
E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies.
Minutes of meeting № 5 of December 21, 2023

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій.
Протокол № 5 від 21 грудня 2023 року

© NUFT, 2023

© НУХТ, 2023

Редакційна колегія
Склад редакційної колегії журналу «Харчова промисловість»

Головний редактор
Editor-in-Chief

Олександр ГАВВА Oleksandr GAVVA	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine

Відповідальний секретар
Accountable secretary

Анастасія ДЕРЕНІВСЬКА Anastasia DERENIVSKA	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine

Члени редакційної колегії:

Андрій МАРИНІН Andrii MARYNIN	канд. техн. наук, ст. наук. співр., Україна Ph. D., Senior Research Officer, National University of Food Technologies, Ukraine
Василь КИШЕНЬКО Vasil KYSHENKO	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine
Віктор ЄМЦЕВ Viktor YEMTSEV	д-р екон. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Віктор СТАБНІКОВ Viktor STABNIKOV	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Віра ЮРЧАК Vira YURCHAK	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Віталій ПРИБИЛЬСЬКИЙ Vitaliy PRYBYL'S'KYY	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина ПОЛІЩУК Galina POLISCHUK	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина СІМАХІНА Halyna SIMAKHINA	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Лариса АРСЕНЬЄВА Larysa ARSEN'YEVA	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Микола ЯКИМЧУК Mykola YAKYMCHUK	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія ГУСЯТИНСЬКА Nataliia HUSIATYNSKA	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія ПУШАНКО Nataliia PUSHANKO	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО Oksana KOCHUBEI-LYTVYNENKO	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр КУРГАЄВ Oleksandr KURGAEV	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр СЕРЬОГІН Oleksandr SER'OHIN	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine

Олександр ШЕВЧЕНКО Olexander SHEVCHENKO	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена БІЛИК Olena BILYK	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана ЛІТВИНЧУК Svitlana LITVYNCHUK	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine
Сергій ТОКАРЧУК Serhiy TOKARCHUK	канд. техн. наук, Україна Ph. D., National University of Food Technologies, Ukraine
Станка ДАМЯНОВА Stanka DAMYANOVA	д-р техн. наук, Болгарія DSc, Razgrad Branch of the University of Ruse, Bulgaria
Стефан СТЕФАНОВ Stefan STEFANOV	д-р інж., проф., Болгарія DSc, University of Food Technologies, Plovdiv, Bulgaria
Тамара НОСЕНКО Tamara NOSENKO	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна ЛЕБЕДЕНКО Tetiana LEBEDENKO	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., Odessa National Academy of Food Technologies Ukraine
Тетяна ПИРОГ Tetyana PYROH	д-р біол. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна СИЛЬЧУК Tetiana SYLCHUK	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Юлія КАМБУЛОВА Yuliia KAMBULOVA	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ, СИРОВИНА ТА МАТЕРІАЛИ

Сировина та матеріали

Грицевіч М. Ю., Дорохович В. В. Дослідження впливу крохмальної сировини на сорбційно-десорбційні властивості низькобілкового печива 7

Побрусило М. В., Івчук Н. П. Обгрунтування доцільності використання пшона для виготовлення безглютенового печива 15

Страшинський І. М., Грицай М. С. Особливості застосування замінників неорганічних фосфатів у технології виробництва м'ясопродуктів 25

Успаленко О.В., Білько М.В., Кучеренко В.М. Вплив енологічних продуктів на органолептичні показники деалкоголованого вина 35

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Євтушенко О. В., Сірик А. О. Аспекти впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємствах харчової промисловості 43

Божко А. Ю., Усатюк С. І. Визначення критеріїв ідентифікації для оцінювання показників якості оздоблювальних напівфабрикатів з використанням порошку керобу 53

Козак О. С., Теличкун В. І. Визначення газової проникності скоринки та м'якушки батона в процесі вакуумного охолодження 62

Роженко А. С., Мельник О. Ю. Удосконалення технології бісквітного напівфабрикату з використанням продуктів переробки комах 71

Данилевич І. О., Пасічний В. М., Шубіна Є.А., Маринін А.І. Удосконалення технології маринованих напівфабрикатів з м'яса птиці 81

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Олішевський В. В., Бабко Є. М., Цюрпита М. Є. Підвищення ефективності процесу очистки дифузійного соку з використанням нанорозмірного алюміній-вмісного коагулянту 89

CONTENTS

SECTION 1. TECHNOLOGIES, RAW MATERIALS AND MATERIALS

Raw Materials and Materials

Hrytsevich M., Dorokhovych V. Study of the influence of starch raw materials on the sorption-desorption properties of low-proteincookies

Pobrusylo M., Ivchuk N. Justification of the feasibility of using millet for the production of gluten-free cookies

Strasynskyi I., Hrytsai M. Features of the application of inorganic phosphate substitutes in meat production technology

Uspalenko O., Bilko M., Kucherenko V. The influence of enological products on the organoleptic indicators of dealcoholic wine

Technologies: Researches, Application and Introduction

Yevtushenko O., Siryk A. Aspects of environmental management information system implementation at food industry enterprises

Bozhko A., Usatiuk S. Determination of identification criteria for assessment of quality indicators of decorative semi-finished products using carob powder

Kozak O., Telychkun V. Determination of thegas permeability of baton crush and crumb during vacuum cooling

Rozhenko A., Melnyk O. Improving the technology of semi-finished biscuit using insect processing products

Danylevych I., Pasichnyi V., Shubina Ye., Marynin A. Improving the technology ofmarined semi-finished poultry meat

SECTION 2. PROCESSES AND EQUIPMENT

Processes of Food Industries

Olishevskyi V., Babko E., Tsiurpyta M. Improving the efficiency of the diffusion juice purification process using nano-sized aluminum-containing coagulant

Бруква О. Ю., Блаженко С. І., Бабко Є. М., Олішевський В. В. Комп'ютерне моделювання процесу прогрівання тістової заготовки для виготовлення лавашу, збагаченого харчовими добавками 98 *Brukva O., Blagenko S., Babko E., Olishevskyy V.* Computer modeling of the process of heating dough blank for the production of lavash enriched with food additives

Грінінг К. Р., Губеня О. О. Зміна реологічних властивостей суспензії лікарських і косметичних засобів під час подрібнення в бісерних млинах 106 *Hrininh K., Gubenia O.* Change of rheological properties of a suspension of medicinal and cosmetic products during grinding in bead mills

Обладнання та устаткування ***Equipment and machinery***

Гавва О. О., Кривопляс- Володіна Л. О. Методологія квантифікаційного підходу до вибору оптимальних структур адаптронних функціональних модулів пакувальних машин 116 *Gavva O., Kryvoplias-Volodina L.* Methodology of the quantitative approach to the selection of optimal structures of adaptronic functional modules of packaging machines

Люлька Д. М., Серьогін О. О., Ізволенський І. Є., Мащенко О. А., Чорний Ю. А. Розроблення методів і засобів діагностики з підвищенням надійності екстракційного обладнання 126 *Liulka D., Serohin O., Izvolenskyi I., Maschenko O., Chornyi Y.* Development of diagnostic methods and tools to improve the reliability of extraction equipment

Деренівська А. В., Блаженко С. І., Масло М. А., Костін В. Б. Дослідження характерних параметрів технологічного процесу формоутворення захисної повітряної упаковки 137 *Derenivska A., Blazhenko S., Maslo N., Kostin V.* Study of characteristic parameters in the technological process of forming protective airpackaging

УДК 664.681.9

STUDY OF THE INFLUENCE OF STARCH RAW MATERIALS ON THE SORPTION-DESORPTION PROPERTIES OF LOW-PROTEIN COOKIES

M. Hrytsevich, V. Dorokhovych
National University of Food Technologies

Key words:
Sorption,
Storage,
Hydrocolloids,
Recipe

Article history:
Received 16.10.2023
Received in revised form 22.11.2023
Accepted 27.11.2023

Corresponding author:
m.gricevich@gmail.com

ABSTRACT

The article describes the study of the effect of corn, tapioca starch and maltodextrin on the sorption-desorption properties of low-protein cookies for patients with phenylketonuria. The patients with phenylketonuria must limit the protein intake in their diet for life, to avoid high blood level of phenylalanine. Thus, it is crucial to develop and investigate low-protein food including cookies.

The effect of corn, tapioca starch, and maltodextrin on the sorption-desorption properties of low-protein cookies for patients with phenylketonuria was investigated. Due to the absence of gluten, these products are also gluten-free and can be consumed by celiac patients.

The use of maltodextrin and its combination with tapioca starch increased water absorption capacity by 9.2% and 13.4%, respectively. The sorption isotherms of the studied cookie samples have a sigmoidal shape and, according to the BET classification, correspond to type II isotherms, which are characterized by polymolecular adsorption. For all cookie samples, the sorption-desorption isotherms have an identical behavior with a hysteresis loop.

It has been found that the use of tapioca starch reduces the specific surface area and increases the sorption volume and pore diameter of the products. Studied samples have a similar adsorption structure because the adsorption isotherms are similar in shape and size. The pores in the cornstarch-based sample have the smallest diameter at their peak, 76.2 angstroms, while the use of maltodextrin and tapioca starch contributed to a slight increase in this indicator.

It has been proven that unpackaged products will actively absorb moisture during storage, so it is recommended to pack low-protein products in airtight packaging to extend the shelf life.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-3

© М. Ю. Грицевіч, В. В. Дорохович, 2023

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КРОХМАЛЬНОЇ СИРОВИНИ НА СОРБЦІЙНО-ДЕСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ НИЗЬКОБІЛКОВОГО ПЕЧИВА

М. Ю. Грицевіч,
В. В. Дорохович, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті описано дослідження впливу кукурудзяного, тапіокового крохмалю та мальтодекстрину на сорбційно-десорбційні властивості низькобілкового печива для хворих на фенілкетонурію.
Визначено вплив використаних рецептурних компонентів на сорбційний об'єм і діаметр пор досліджуваних зразків. Наведено ізотерми сорбції та десорбції, а також графіки розподілу пор за радіусом виробів, виготовлених відповідно до розроблених рецептурних композицій.
Визначено рівноважну вологість низькобілкового печива при вологості повітря 75%. Рівноважний вологовміст зразка на основі кукурудзяного крохмалю становив 11,5%, з додаванням мальтодекстрину — 12,4%, з внесенням мальтодекстрину й тапіокового крохмалю — 12,7%. Усі розроблені низькобілкові вироби полинають вологу з повітря, тому низькобілкове печиво рекомендовано пакувати в герметичну упаковку.
Ключові слова: *сорбція, зберігання, гідроколоїди, рецептура.*

Постановка проблеми. Харчування має ключове значення у здоров'ї людини. Існують захворювання, при яких необхідно пожиттєво дотримуватись дієти: целіакія, цукровий діабет, фенілкетонурія. З усіх зазначених захворювань найважче дотримуватись дієти при фенілкетонурії, оскільки при цьому захворюванні в організмі людини не відбувається метаболізм фенілаланіну, його аномально висока кількість накопичується в організмі людини, що призводить до ураження центральної нервової системи, розумової відсталості та неврологічного дефіциту. Хворим на фенілкетонурію необхідно пожиттєво обмежувати вміст білка в раціоні, оскільки фенілаланін входить до складу майже всіх природних білків [1,2].

Розроблено низку рецептур низькобілкового печива, яке могли б споживати хворі на фенілкетонурію. У виробництві традиційного здобного печива застосовується сировина з відносно високим вмістом білка (яйця, борошно пшеничне, молокопродукти) [3]. При розробці рецептур низькобілкового печива ці компоненти було замінено на низькобілкову сировину: різні види крохмалів, мальтодекстрин, гідроколоїди. Відмінні структурні компоненти суттєво впливають на властивості низькобілкового печива. Дослідження впливу крохмальної сировини на властивості низькобілкового печива не було досліджено.

При розробленні нових видів борошняних кондитерських виробів, з метою збереження їх якості протягом усього гарантійного терміну зберігання, необхідно враховувати процеси, які відбуваються у виробі за цей час. До таких процесів відносяться: мікробіологічне псування, окиснення ліпідного комплексу та сорбційно-десорбційні властивості виробу.

При оцінці якості й термінів придатності харчових продуктів одним із визначальних фізико-хімічних показників є доступність води для розвитку мікроорганізмів, що називається активністю води. За даним показником класичне здобне

печиво відноситься до виробів із низькою вологістю (a_w менше 0,65, вологість менше 12,0%), в яких активність мікроорганізмів пригнічена [4].

У [5] було проведено дослідження з визначенню впливу зшитого модифікованого крохмалю та ізоляту молочного білка на сорбційно-десорбційні процеси в затяжному печиві. Встановлено, що внесення цих компонентів збільшує значення рівноважної вологості затяжного печива — зразок печива з цими компонентами має рівноважну вологість 11%.

Відомо, що для класичного здобного печива властиве активне поглинання вологи з навколишнього середовища, через що спостерігається зміна його структури, втрата крихкості виробу [6]. У випадку поглинання вологи борошняними кондитерськими виробами пришвидшуються процеси мікробіологічного псування, через це важливо визначити рівноважну вологість виробів. Тому виникає необхідність дослідження сорбційно-десорбційних властивостей розроблених зразків низькобілкового здобного печива для прогнозування їх поведінки під час зберігання.

Мета дослідження: визначити сорбційні і десорбційні властивості зразків низькобілкового печива на основі кукурудзяного крохмалю, кукурудзяного крохмалю із мальтодекстрином і комбінації кукурудзяного крохмалю з тапіоковим крохмалем та мальтодекстрином. Визначити рівноважну вологість готових виробів і зробити висновок щодо пакування та зберігання.

Матеріали і методи. Дослідження проводилося гравіметричним методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена [7].

Результати дослідження. Ізотерми адсорбції-десорбції водяної пари досліджуваними зразками печива представлені графічно на рис. 1, де *a* — кількість адсорбованої вологи, а *P*/*Ps* — відносний рівноважний тиск парів.

На основі результатів, представлених на рис. 1, можна відмітити, що ізотерми сорбції досліджуваних зразків печива мають сигмоподібну форму і за класифікацією БЕТ відповідають ізотермам II типу, для яких характерна полімолекулярна адсорбція. Сигмоподібна форма кривої є найпоширенішим типом ізотерми для харчових продуктів і характерна для матеріалів, що містять високомолекулярні речовини, серед яких є полісахариди. Для всіх зразків печива ізотерми сорбції-десорбції мають ідентичний характер з наявною петлею гістерезису. Варто відмітити, що всі ізотерми досліджуваних зразків мають близьку за значеннями висоту, що свідчить про схожі властивості розроблених видів печива поглинати вологу.

Однак варто відмітити, що використання в рецептурі мальтодектстрину й тапіокового крохмалю призвело до підвищення сорбційних властивостей виробів. Згідно з [8] це пояснюється різницею у фізичній структурі крохмальних гранул і структурному розташуванні сорбованої води. Відомо [9], що крохмаль є сумішшю двох гомополісахаридів: лінійної амілози та розгалуженого амілопектину, а в молекулах полісахаридів спиртова група -OH, яка розташована біля 6 атому карбону, що приєднує бокові ланцюги, є найбільш реакційноздатною. Відповідно, більшу кількість вологи приєднуватиме той крохмаль, який матиме в складі більшу частку розгалуженого амілопектину з більшою часткою реакційноздатних -OH груп. Наявність у складі кукурудзяного крохмалю 20...28% амілози, а в тапіоковому крохмалі — 16…17% амілози і пояснює вищі сорбційні властивості останнього. Окрім того, зниження водопоглинальної здатності кукурудзяного крохмалю обумовлене адсорбованими на поверхні крохмалю краплинками жиром, що перешкоджає взаємодії молекул води з гідроксильними групами молекули крохмалю [10].

Також ці припущення підтверджуються дослідженнями з визначення сорбційних властивостей кукурудзяного, тапіокового крохмалю та мальтодекстрину. Встановлено, що в стані насичення (при a_w=1,0) ними поглинається 0,4 г/см^3, 0,45 г/см^3 та 0,53 г/см^3 вологи відповідно.

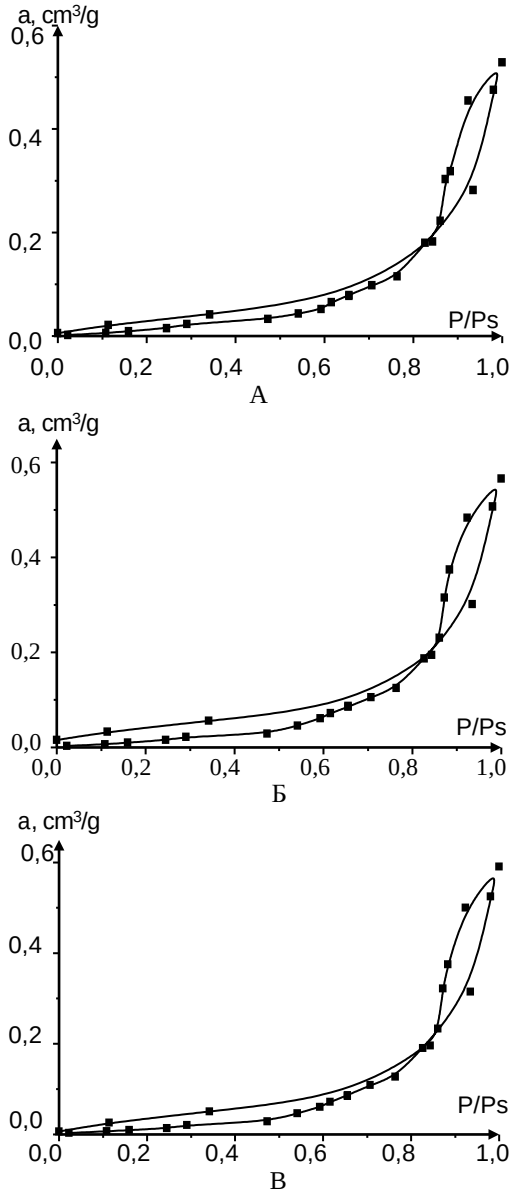


Рис. 1. Ізотерми адсорбції — десорбції води зразками низькобілкового печива на основі: А) кукурудзяного крохмалю; Б) комбінації кукурудзяного крохмалю та мальтодекстрину; В) комбінації кукурудзяного й тапіокового крохмалів і мальтодекстрину

З метою інтерпретації ізотерм сорбції розроблених зразків низькобілкового печива запропоновано поділити їх на три зони: I зона — відповідає a_w=0,00—0,25, показує кількість адсорбованої вологи в моношарі; II зона — відповідає a_w=0,26—0,75,

показує кількість адсорбованої вологи в полішарі; III зона — відповідає a_w=0,76—1,0, показує кількість адсорбованої вологи в гігроскопічному стані [11].

Таблиця 1. **Кількість адсорбованої вологи досліджуваними зразками низькобілкового печива**

Зразок печива на основі	Кількість адсорбованої вологи, см^3/г			Залишкова волога після десорбції, см^3/г
	Перша зона a_w = 0,00…0,25	Друга зона a_w = 0,26…0,75	Третя зона a_w = 0,76…1,0	
Кукурудзяного крохмалю	0,0149	0,1001	0,4135	0,0052
Кукурудзяного крохмалю з мальтодекстрином	0,0155	0,1093	0,4410	0,0155
Кукурудзяного та тапіокового крохмалю з мальтодекстрином	0,0158	0,1135	0,4633	0,0063

Аналіз ізотерми сорбції показує, що для всіх розроблених зразків печива процес насичення мономолекулярного шару відбувається досить повільно. Ця область являє собою міцно зв'язану воду з ентальпією випаровування, значно вищою, ніж у чистої води. Типовим випадком є сорбція води на поверхні високогідрофільних біополімерів, таких як білки та полісахариди з утворенням водневих зв'язків. Вміст вологи теоретично являє собою адсорбцію першим шаром продукту молекул води.

Друга зона характеризується підйомом кривої адсорбції. Це можна пояснити тим, що після насичення всіх активних центрів молекули сорбата заповнюють майже весь вільний об'єм. Під впливом тиску відбувається розрив водневих і диполь-дипольних зв'язків у макромолекулах, формуючи нові центри сорбції води та призводячи до деградації полімеру. Цей процес спричиняє поступовий перехід від склоподібного до високоеластичного стану в області перегину ізотерми.

У цьому діапазоні активності вологи найменш сорбційну здатність проявляє зразок на основі кукурудзяного крохмалю — 0,1001 см^3/г. Використання мальтодекстрину та його комбінації з тапіоковим крохмалем забезпечило підвищення водопоглинальної здатності на 9,2% та 13,4% відповідно. На нашу думку, це можна пояснити більш розгалуженою структурою тапіокового крохмалю, що, відповідно, сприятиме утворенню більшої кількості центрів сорбції вологи. Підвищення ж сорбціних властивостей низькобілкового печива з використанням мальтодекстиру можна пояснити наявністю, окрім високомолекулярних декстринів, молекул мальтози та глюкози, які при підвищенні вологи починають розчинятися, забезпечуючи при цьому проникнення вологи до центральних шарів зразка.

Така ж тенденція зберігається і при накопиченні вологи розробленими зразками у гігроскопічному стані, де сорбція супроводжується формуванням агрегатів молекул води (кластерів). Цей процес призводить до структурних змін і значного набухання полімерів крохмалю та крохмалепродукту. Так, для зразка на основі кукуру-

дзяного крохмалю кількість поглинутої вологи в цьому діапазоні становить 0,4135 $см^3$/г, з додаванням мальтодекстрину — 0,4410 $см^3$/г, з внесенням мальтодекстрину й тапіокового крохмалю — 0,4633 $см^3$/г.

Аналізуючи отримані ізотерми, можна відмітити, що петля гістерезису охоплює весь інтервал рівноважних тисків пари та є однаковою для всіх видів печива і для всіх розроблених зразків. З рис. 1 видно, що ізотерми десорбції розміщені вище за ізотерми сорбції, що вказує на наявність хемосорбції, тобто після процесу десорбції у зразках залишається незначна частина адсорбованої вологи, яка хімічно зв'язана із продуктом.

Зважаючи на те, що для класичного здобного печива притаманна сорбція вологи з навколишнього середовища, для прогнозування поведінки низькобілкового печива при зберіганні необхідним є встановлення рівноважної вологості розроблених зразків печива за відносної вологості повітря, при якій необхідно зберігати продукцію згідно з вимогами нормативної документації. При відносній вологості повітря 75% рівноважний вологовміст зразка на основі кукурудзяного крохмалю становив 11,5%, з додаванням мальтодекстрину — 12,4%, з внесенням мальтодекстрину й тапіокового крохмалю — 12,7%. Маючи масову частку вологи виробів у діапазоні 6—8 %, можна зробити висновок, що за таких умов зберігання розроблені зразки печива будуть активно сорбувати вологу з навколишнього середовища до моменту досягнення ними рівноважного стану, що провокуватиме погіршення органолептичних показників виробу та підвищить імовірність мікробіологічного псування. З цією метою, для збереження якості виробів протягом усього терміну зберігання, необхідно одразу після охолодження пакувати їх у водо- та світлонепроникні пакувальні матеріали.

Важливими показниками, які характеризують кінетику адсорбційного процесу, є поверхневі властивості досліджуваних зразків, до яких відносяться значення питомої адсорбційної поверхні зразків (*S*), їх сорбційний об'єм пор (*Vs*) і середній діаметр пор низькобілкового печива (*D*). Ці значення були отримані на основі експериментальних ізотерм сорбції-десорбції за методом молекулярної теорії адсорбції парів Брунауера, Еммета і Теллера (метод БЕТ).

Згідно з даними, представленими на рис. 2, пори в зразку на основі кукурудзяного крохмалю у своєму піку мають найменший діаметр — 76,2 ангстрем, використання ж мальтодекстрину й тапіокового крохмалю сприяло певному підвищенню цього показника. Отже, використання тапіокового крохмалю сприятиме зниженню питомої поверхні та збільшенню сорбційного об'єму та діаметра пор виробів.

За класифікацією, прийнятою Міжнародним союзом з теоретичної та прикладної хімії (IUPAC), пори діляться на три типи:

- мікропори — із шириною до 20 А;
- мезопори — із шириною від 20 до 500 А;
- макропори — із шириною більше 500 А.

Можна відмітити (табл. 2), що всі зразки печива мають мезопори, для яких характерна полімолекулярна адсорбція, яка зі збільшенням тиску закінчується капілярною конденсацією. Отримані результати корелюють зі значеннями рівноважної вологості зразків у всіх зонах ізотерм адсорбції.

Згідно з результатами, представленими в табл. 2 та на рис. 1, можна зробити висновок, що зразки мають схожу адсорбційну структуру, оскільки ізотерми адсорбції подібні за формою та розмірами. Однак відмічене певне збільшення асорбованої во-

логи зразком із використанням тапіокового крохмалю, що, на нашу думку, можна пояснити його вищою комплексоутворюючою зданістю із молекулами води.

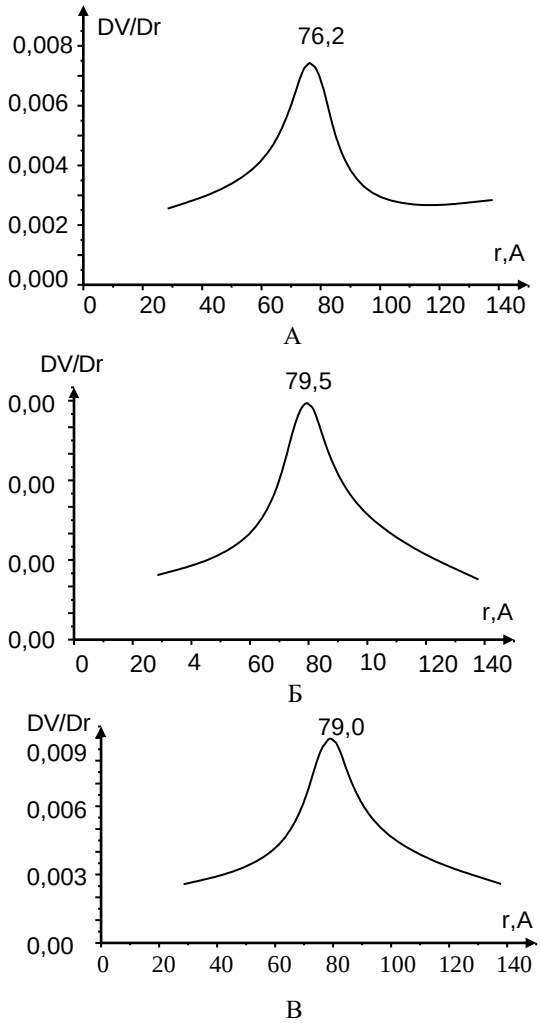


Рис. 2. Розподіл пор за радіусом у зразках низькобілкового печива на основі: А) кукурудзяного крохмалю; Б) комбінації кукурудзяного крохмалю та мальтодекстрину; В) комбінації кукурудзяного й тапіокового крохмалів і мальтодекстрину

На основі вивчення поверхневих характеристик дослідних зразків низькобілкового печива можна відмітити, що відмінність середнього розміру пор буде впливати не лише на водопоглинальні властивості виробів, але й на структурну характеристики виробів, зокрема на їх крихкість.

Таблиця 2. **Структурні характеристики зразків, які були зняті у парах води**

Зразок печива на основі	S, м^2/г	Vs, см^3/г	D, A	R^2
Кукурудзяного крохмалю	110	0,53	193	0,5008

Продовження таблиці 2

Кукурудзяного крохмалю з мальтодекстрином	111	0,57	205	0,5963
Кукурудзяного та тапіокового крохмалю з мальтодекстрином	101	0,59	233	0,7092

Примітка. S, $м^2/г$ — питома адсорбційна поверхня зразків (моношар); Vs, $см^3/г$ — сорбційний об'єм пор зразків (найбільша кількість води, яку може взяти зразок при 20 °С з тиском 17,54 ммрс); D, A — середній діаметр пор; R^2 — квадрат похибки розрахунку адсорбційної поверхні.

Висновки. Досліджено вплив кукурудзяного, тапіокового крохмалю та мальтодекстрину на сорбційно-десорбційні властивості низькобілкового печива для хворих на фенілкетонурію. За рахунок відсутності клейковини такі вироби також є безглютеновими і можуть споживатись хворими на целіакію. Ізотерми сорбції досліджуваних зразків печива мають сигмоподібну форму і за класифікацією БЕТ відповідають ізотермам II типу, для яких характерна полімолекулярна адсорбція. Виявлено, що використання тапіокового крохмалю сприятиме зниженню питомої поверхні та збільшенню сорбційного об'єму та діаметра пор виробів. При відносній вологості повітря 75% рівноважний вологовміст зразка на основі кукурудзяного крохмалю становив 11,5%, з додаванням мальтодекстрину — 12,4%, з внесенням мальтодекстрину й тапіокового крохмалю — 12,7%. Доведено, що при зберіганні незапаковані вироби будуть активно поглинати вологу, тому низькобілкові вироби рекомендовано пакувати в герметичну упаковку для подовження терміну зберігання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chapter 8. Phenylketonuria (PKU) / D. Wahlsten, Academic Press, 2019. 91—103 с.

2. Van Wegberg, A. I. The complete European guidelines on phenylketonuria: Diagnosis and treatment. / A. Van Wegberg, A. MacDonald, K. Ahring, A. Bélanger-Quintana, N. Blau, A. Bosch,..., F. Van Spronsen // Orphanet Journal of Rare Diseases. 2017. Issue 12(1). P. 1—56.

3. *Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів*: навч. посіб. / за ред.проф. А.М. Дорохович і проф. В. М. Ковбаси. К.: Фірма «ІНКОС», 2015. 632 с.

4. Оболкіна, В. Як продовжити термін зберігання борошняних кондитерських виробів / В. Оболкіна, Н. Алексеенко // Світ продуктів. 2019. №4. С. 26—28.

5. Петренко, М. М. Удосконалення технології та рецептурного складу затяжного печива з урахуванням вимог геродієтетики: автореф. дис канд. техн.наук: 05.18.01 / Петренко Микола Миколайович; НУХТ. К., 2018. 24 с.

6. Бабіч О. В. Розроблення технології «безглютенового» печива для хворих на целіакію: авто- реф. дис канд. техн. наук / Бабіч Оксана Вікторівна; НУХТ. К., 2006. 20 с.

7. Sylchuk, T. Sorption properties of bread based on oatmeal / T. Sylchuk, V. Tsyrulnikova, V. Zuiko, A. Riznyk // Ukrainian Food Journal. 2021. №10(3). С. 361—374.

8. Hellman, N. Starch granule swelling and water vapor sorption / N. Hellman, T. Boesch, E. Melvin. // Journal of the American Chemical Society, №74(2), P. 348—350.

9. *Технології крохмалю і крохмалепродуктів*: підручник / О. В. Грабовська; Національний університет харчових технологій. Київ: НУХТ, 2019.

10. Грищенко, А. М. Технологічні властивості безглютенових видів сировини / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2014. Т. 1, Вип. № 46.С. 162—166.

11. Дзигар О. О. Удосконалення технології крекерів з додаванням поліпшувача протеолітичної дії, амарантового борошна та пряно-ароматичної сировини / Дзигар Ольга Олександрівна; НУХТ. К., 2021. 20 с.

УДК 664.681

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING MILLET FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE COOKIES

M. Pobrusylo, N. Ivchuk
National University of Food Technologies

Key words:
Celiac disease,
Lour confectionery,
Gluten-free cookies,
Millet

Article history:
Received 31.10.2023
Received in revised form 31.10.2023
Accepted 31.10.2023

Corresponding author:
maryna.pobrusylo@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the attaiyments of scientists of the world and Ukraine on the issue of gluten-free flour confectionery. The main directions in the creation of functional gluten-free products were highlighted and the least researched issues were determined.

Based on the obtained analytical data, the chemical composition of butter cookies based on millet was calculated. The recipe of traditional butter cookies was taken as the original recipe and wheat flour was completely replaced with millet. The calculation of the nutritional value of butter cookies based on millet showed that the designed product can be considered functional, that is, it provides from 10 to 50% of the daily need for a certain nutrient, according to such nutrients as fats (14.18%), dietary fibers (15.67 %), vitamin E (49.60%), B1 (16.92%), PP (10.69%), magnesium (18.52%), phosphorus (14.60%) and iron (13.77%).

The protein content of designed cookies has increased compared to traditional cookies. In view of this, the calculation of the amino acid score of millet-based cookies was carried out for a more detailed study of the balance of the amino acid composition and the level of protein digestibility. Calculations showed that the protein of cookies based on millet is absorbed by 35%, the first limited amino acid is tryptophan. To increase the biological value of protein, gluten-free types of flour were analyzed and the most optimal option was selected. The main criterion for choosing gluten-free flour was tryptophan content. This method of combining several types of cereals made it possible to increase both the overall biological value and the level of digestibility of protein. In the course of the calculations, a biscuit recipe was obtained based on a mixture of millet and buckwheat in a ratio as 60:40. The level of protein digestibility of designed cookies is 86%, which is 50% more than millet-based cookies. The nutritional value of cookies has also increased: the content of dietary fiber is 19.90%, the content of vitamin B_1 — 16.90%, B_2 — 11.33%, B_5 — 11.99%, PP — 15.23%; magnesium content — 20.40%, phosphorus — 16.24%.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-4

© М. В. Побрусило, Н. П. Івчук, 2023

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПШОНА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧИВА

М. В. Побрусило,
Н. П. Івчук, канд.тех н. наук
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано здобутки науковців України та світу в сфері питань з виробництва безглютенових борошняних кондитерських виробів. Було виділено основні напрямки у створенні функціональних безглютенових продуктів і визначено найменш досліджувані проблемні питання.
Опираючись на отримані аналітичні дані, розраховано хімічний склад безглютенового здобного печива, виготовленого на основі пшона. За вихідну рецептуру обрано рецептуру традиційного здобного печива та повністю замінено пшеничне борошно на пшоно. З розрахунків хімічного складу печива на основі пшона випливає, що такий продукт може бути рекомендований до вживання людям хворим на целіакію, адже має підвищену біологічну цінність. У свою чергу, це є показником перспективності використання пшона для виготовлення безглютенових кондитерських виробів.

Ключові слова: *целіакія, борошняні кондитерські вироби, безглютенове печиво, пшоно.*

Постановка проблеми. Борошняні кондитерські вироби є досить популярним сегментом харчової промисловості. Нині актуальними є дослідження з розроблення спеціальних харчових продуктів, які можуть бути рекомендовані до вживання людям з певними захворюваннями, зокрема на целіакію.

Основним інгредієнтом борошняних кондитерських виробів є пшеничне борошно, білок якого, глютен, може викликати захворювання на целіакію.

Целіакія — генетичне хронічне захворювання, яке спричиняє пошкодження слизової оболонки тонкого кишечника. Симптоми захворювання в людей, які страждають на целіакію, супроводжуються постійним недоїданням, затримкою росту, діареєю, анемією та втомою. Поширеність целіакії серед населення у всьому світі становить приблизно 1% і продовжує зростати. Частково це пояснюється покращеною діагностичною здатністю клінічних тестів, головним чином в Австралії, Європі та Північній Америці [1].

Офіційна статистика поширеності целіакії в Україні відсутня, проте, за результатами досліджень Українського товариства целіакії в нашій країні, станом на 2019 р. вже нараховується приблизно 1600 хворих із доведеним діагнозом глютенової ентеропатії [2, 3]. Однак цей показник далекий від реального стану, оскільки в Україні багато людей не знають про целіакію і навіть не підозрюють, що можуть мати таке захворювання. Хвороба не має характерних, притаманних лише їй, симптомів і важко діагностується. І, що не менш важливо, не існує медикаментозного лікування целіакії.

Ефективним способом зниження проявів целіакії та її профілактики є суворе дотримання безглютенової дієти. Саме тому важливим завдання для технологів-харчовиків є створення та виготовлення продуктів без глютену. Як було зазначено раніше, одним з найпопулярніших серед споживачів видом продуктів є борошняні кондитерські вироби. Однак виготовлення безглютенових борошняних виробів є непрос-

тим технологічним процесом, оскільки саме глютен (клейковина) надає необхідні реологічні характеристики тісту та приємні органолептичні властивості готовому продукту. Тому актуальним є аналіз рецептур і технологій виготовлення безглютенових борошняних кондитерських виробів і пошук вільних ніш для розширення їх асортименту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розширення можливостей сучасної медицини щодо діагностики захворювання на целіакію та обмежений асортимент безглютенової продукції в Україні спонукає науковців і виробничників до розроблення нових технологій і видів харчових продуктів такого спрямування.

Для надання безглютеновим борошняним кондитерським виробам функціональних властивостей були розроблені рецептури продуктів з різноманітними джерелами функціональних інгредієнтів. За результатами аналізу літературних джерел можна виділити декілька основних груп безглютенових продуктів функціонального спрямування:

І група — високобілкові. Як джерело збагачення традиційних продуктів білком найчастіше використовують вторинні продукти молочного та олійного виробництв, продукти переробки сої (окара) та борошно з різних видів насіння [4—9].

Використання вторинних продуктів виробництва є надзвичайно перспективним напрямком, оскільки це вирішує одразу декілька проблем. По-перше, це концентроване джерело білків. По-друге, спосіб раціонального використання ресурсів. І третє, вторинні продукти відносно дешеві, тож використання їх не призведе до значного збільшення ціни на готовий продукт.

ІІ група — з підвищеною антиоксидантною активністю. Особливо актуальною ця проблема стала в останні роки через погіршення екологічного стану, захворювання на Covid-19, підвищеного психо-емоційного навантаження через воєнні дії, які чинять негативний вплив на організм людини. Всі ці фактори призводять до виснаження організму і послаблення його опірності зовнішнім негативним чинникам. Вільні радикали з навколишнього середовища, потрапляючи в організм людини, викликають вільнорадикальні реакції, які приводять до інактивації клітин і мембранних ферментів та передчасного старіння [10].

Для підвищення антиоксидантної активності продукти збагачують ягодами, борошном з нетрадиційної зернової сировини та борошном з пророщеного зерна [11— 15].

Борошняні кондитерські вироби на основі борошна з пророщеного зерна мають високий вміст фенольних сполук і харчових волокон, низький глікемічний індекс та підвищену антиоксидантну активність (близько 30%). Однак перед впровадженням таких продуктів у виробництво постає питання економічної доцільності і покупної спроможності споживачів. Отримання борошна з пророщеного зерна створює додаткові витрати енергії та інших ресурсів, що значно підвищуватиме ціну готового продукту.

Використання ягід як джерел функціональних інгредієнтів, зокрема джерела сполук антиоксидантної дії, є досить перспективним [15]. На ринку харчових добавок активно рекламується широкий асортимент кріо-порошків, які забезпечують довготривале зберігання есенціальних нутрієнтів природньої сировини, отриманої зі сезонних плодів та ягід. Такі збагачувачі дещо дорожчі, однак існує широкий перелік різних, не менш ефективних, способів консервування ягід. Отже, збагачені ягодами продукти є досить перспективним напрямком у створенні функціональних безглютенових виробів.

III група — з пребіотичними властивостями. Пребіотики — це неперетравлювані компоненти їжі, які вибірково стимулюють ріст і активність захисної мікрофлори кишечника людини [16]. Зважаючи на сучасний стан здоров'я населення всього світу та пандемію, яка триває вже три роки, такі продукти є необхідністю.

Одним з найпоширеніших джерел харчових волокон є зернові висівки [17]. Як пребіотики також використовують лактулозу дисахарид, який виготовляють із підсирної сироватки [18].

Підсумовуючи вище наведене, можна стверджувати, що ця група безглютенових кондитерських виробів найменш досліджена і має перспективи розвитку та пошуку альтернативних джерел харчових волокон. Однак такі продукти варто з обережністю споживати людям із захворюванням шлунково-кишкового тракту, оскільки зайве навантаження раціону клітковиною може викликати больові відчуття.

IV група — діабетичного спрямування. Оскільки основним завданням сучасних науковців і технологів є створення продукту багатофункціонального, корисного і, головне, економічно вигідного, то значна частина наукових праць присвячена дослідженню впливу замінників цукру на безглютенові види борошна. Отже, безглютенові борошняні кондитерські вироби можуть класифікуватися як і діабетичні, розширюючи цей сегмент продукції та коло споживачів.

Поширеними цукрозамінниками, вплив на процес тістоутворення яких було досліджено, є фруктоза [19], стевія та тагатоза.

V група — комбіновані. Великим напрямком серед наукових розробок є створення композицій з безглютенових видів зернових. Зокрема, створення композицій з використанням нетрадиційних безглютенових видів зернових культур. Найбільш поширеними культурами, які використовують у технологіях безглютенових виробів, є гречка, рис, кукурудза. Вони вважаються більш класичними видами безглютенової сировини Як нетрадиційну безглютенову сировину використовують також сорго, теф і боби [20—27].

Створення композицій з різних видів зернових культур дає змогу вирішити одразу декілька проблем. По-перше, вирішення структурно-механічних та органолептичних властивостей продукту [27]. По-друге, отримати продукт з підвищеною харчовою цінністю та розширити асортимент безглютенових продуктів [20, 23].

Досить поширеною нетрадиційною безглютеновою сировиною є сорго [25, 26] як альтернатива для розширення асортименту безглютенових борошняних кондитерських виробів.

Підсумовуючи вище наведену інформацію, можна сказати, що серед найменш вивчених і розроблюваних категорій безглютенових продуктів є високобілкові продукти та продукти з пребіотичними властивостями. Як збагачувачі в цих групах продуктів використовують вторинні сировинні ресурси, що має економічну та екологічну перевагу серед інших джерел ессенціальних речовин. Тож, зважаючи на підвищену зацікавленість населення в рослинних білках, варто працювати над розширенням цієї категорії продуктів.

Метою дослідження є доведення доцільності використання пшона як безглютенової сировини за допомогою комп'ютерного конструювання хімічного складу рецептури безглютенового здобного печива, а також підвищення біологічної цінності білкової складової такого печива за рахунок створення безглютенової композиції з двох зернових культур.

Матеріали і методи. У дослідженнях використано загальноприйняті методи оцінки інформації. Також було використано розрахунковий метод і метод харчової

комбінаторики.

Формула матеріального балансу 1, за допомогою якої можна провести розрахунок вмісту кожного з нутрієнтів у 100 г багатокомпонентного продукту:

$$S_k^{\Sigma} = \frac{\sum_{j=1}^{n} X_i \cdot S_i}{\sum_{j=1}^{n} X_i} \quad (1)$$

де S_k^{Σ} сумарний вміст *k*-показника харчової цінності в заданому продукті (на приклад загальний вміст білка в багатокомпонентному продукті), %; X_i — масова частка *j*-го складника рецептури, %; S_i – вміст *k*-го показника харчової цінності в *j*-му складнику, %; *n* – кількість складників рецептури.

Інтегральний скор або рівень забезпечення добових потреб людини, розраховують за рівнянням (2):

$$Is = \frac{S_k^{\Sigma}}{\text{ДП}} \cdot 100, \quad (2)$$

де S_k^{Σ}— показник харчової цінності харчового продукту (тобто вміст певної харчової речовини у заданій масі продукту); *ДП* — добова потреба відповідної категорії споживачів у цьому нутрієнті.

Амінокислотний скор кожної незамінної амінокислоти (*НАК*) продукту (AC_k) розраховують за формулою (3):

$$AC_k = \frac{г\text{НАК}_k \text{ в 100 г оцінюваного білка}}{г\text{НАК}_{ek} \text{ в 100 г білка ФАО/ВООЗ}}. \quad (3)$$

Коефіцієнт утилітарності кожної $НАК_{ak}$, ч. од., розраховують за формулою (4):

$$a_k = \frac{AC_{min}}{AC_k}. \quad (4)$$

де AC_{min} — мінімальний із скорів *НАК* білка продукту щодо ідеального білка, ч. од; AC_k — скор *k*-тої НАК, ч. од.

Збалансована частина *НАК* розраховують за формулою (5):

$$\Sigma НАК_k^{повн} = AC_{min} \sum_{k=1}^{8} НАК_{ek}, \quad (5)$$

де AC_{min} — скор першої лімітованої *НАК*; $НАК_{ek}$ — сумарний вміст *НАК* в еталонному білку, г/100 г білка, це значення розраховано в формулі (3) і має дорівнювати 36.

Коефіцієнт утилітарності *АК* складу продукту *U*, ч. од. розраховують за формулою (6):

$$U = AC_{min} \frac{\sum_{k=1}^{8} НАК_{ek}}{\sum_{k=1}^{8} НАК_k}, \quad (6)$$

де $\sum_{k=1}^{8} НАК_k$ — сумарний вміст НАК в білку продукту, г/100г білка; $\sum_{k=1}^{8} НАК_{ek}$ — сумарний вміст *НАК* в білку еталону, г/100г білка.

Коефіцієнт надлишковості *НАК* розраховують за формулою (7):

$$\sigma_{над} = \frac{\sum_{k=1}^{8} НАК_k - AC_{min} \sum_{k=1}^{8} НАК_{ek}}{AC_{min}}, \quad (7)$$

де $\Sigma НАК_k$ — вміст НАК в білку продукту; $\Sigma НАК_{ek}$ — вміст НАК в ідеальному білку.

Результати дослідження. Зважаючи на високу зацікавленість споживачів до виробництва безглютенового печива, було взято стандартну рецептура здобного печива: борошно пшеничне першого ґатунку — 55 кг на 100 кг продукту, цукор пісок — 10,3 кг, масло вершкове — 20,40 кг, яйця курячі — 14 кг, сода харчова — 0,20 кг, ванілін — 0,1 кг.

Аналіз літературних джерел показав, що пшоно дуже рідко використовують як безглютенову рецептурну складову. Однак хімічний склад пшона показує, що воно не гірше за інші зернові культури. Пшоно багате на білок, вітаміни групи В, калій, магній, фосфор і залізо.

Після розрахунків харчової цінності здобного печива зі 100% заміною пшеничного борошна на пшоно, було отримано печиво з підвищеною біологічною цінністю. В табл. 1 наведено хімічний склад кожного компонента рецептури на 100 г печива [28] та розраховано його хімічний склад.

Для підтвердження біологічної цінності безглютенового печива на основі пшона було проведено розрахунок інтегрального скору кожної складової його рецептури. Для розрахунку було використано добові потреби в нутрієнтах для людей ІІІ групи тяжкості праці (працівники середньої тяжкості праці, середня фізична активність) віком 18...29 років.

Печиво, хімічний склад якого отримали розрахунковим методом, можна вважати функціональним продуктом за такими нутрієнтами, як жири (14,18%), харчові волокна (15,67%), вітамін Е (49,60%), B_1 (16,92%), РР (10,69%), магній (18,52%), фосфор (14,60%) і залізо (13,77%). Функціональним вважають той продукт, який забезпечує від 10 до 50% добової потреби в певному нутрієнті. При порівнянні з традиційним печивом на основі пшеничного борошна нове печиво має досить хороші показники. Наприклад, інтегральний скор магнію становить 2,42%, фосфору — 6,66%, заліза — 5,88%, вітаміну B_1 — 7,23% від добової потреби.

Хімічний склад безглютенового печива (табл. 1) показує, що воно має високий вміст білка, що є досить цінним для людей, хворих на целіакію.

Таблиця 1. **Біологічна цінність сировини та печива із пшона**

Назва нутрієнту	Пшоно	Масло вершкове	Яйця курячі	Цукор	Сода	Ванілін
Білки, г	11,02	0,85	12,56	0,00	0,00	0,06
Жири, г	4,22	81,11	9,51	0,00	0,00	0,06
Вуглеводи, г:	64,35	0,06	0,72	99,80	0,00	12,65
харчові волокна	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Вітаміни, мг:						
токоферол (Е)	0,05	2,32	1,05	0,00	0,00	0
B_1	0,42	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01
B_2	0,29	0,03	0,46	0,00	0,00	0,1
РР	4,72	0,04	0,08	0,00	0,00	0,43
B_5	0,85	18,80	1,53	0,00	0,00	0,04
Мінеральні речовини, мг:						
кальцій	8,00	24,00	56,00	3,00	0,00	11,00
калій	195,00	24,00	138,00	3,00	0,00	148,00
натрій	5,00	11,00	142,00	1,00	27360,00	9,00
магній	114,00	2,00	12,00	0,00	0,00	12,00
фосфор	285,00	24,00	198,00	0,00	0,00	6,00
залізо	3,01	0,02	1,75	0,30	0,00	0,12

Тому було розраховано амінокислотний скор білків рецептурних складових і безглютеновогопечива (табл. 2).

Таблиця 2. **Амінокислотний скор сировини та безглютенового печива**

Показники	Пшоно	Цукор	Масло вершкове	Яйця	Сода харчова	Ванілін	Печиво
Валін	1,05	—	1,41	1,23	—	—	1,10
Ізолейцин	1,07	—	1,47	1,19	—	—	1,10
Лейцин	1,81	—	1,34	1,23	—	—	1,68
Лізин	0,35	—	1,50	1,30	—	—	0,58
Метіонін	1,11	—	0,67	0,96	—	—	1,07
Треонін	0,79	—	1,18	1,21	—	—	0,89
Триптофан	1,09	—	1,18	1,59	—	—	1,20
Фенілалалін	1,39	—	0,78	0,86	—	—	1,26

Як видно з табл. 2, білок пшона має високий вміст незамінних амінокислот. Лімітуючою амінокислотою білка пшона є лізин, тобто всі амінокислоти будуть засвоюються на рівні 35%. Аналіз амінокислотного скору здобного безглютенового печива, показує, що першою лімітуючою амінокислотою в ньому також є лізин, амінокислотний скор якої становить 0,58. Тобто амінокислоти готового продукту будуть засвоюватися лише на 58%. Лише ця частка білка продукту буде витрачатися на пластичні функції, а решта — на енергетичні, що не є раціональним використанням білків організмом. Тому було вирішено додати до рецептури інший вид безглютенової сировини, яка має більш збалансований амінокислотний склад. У табл. 3 наведено порівняння амінокислотного скору білків безглютенових видів борошна

Таблиця 3. **Амінокислотний скор безглютенових видів борошна**

Показники	ФАО/ВООЗ	Рисове борошно	Гречане борошно
Валін	5,00	1,18	1,03
Ізолейцин	4,00	1,01	0,93
Лейцин	7,00	1,18	0,89
Лізин	5,50	0,64	0,92
Метіонін	3,50	1,20	0,86
Треонін	4,00	0,88	0,95
Триптофан	1,00	1,18	1,43
Фенілаланін	6,00	1,76	0,96

Із наведених у табл. 3 даних видно, що білок рису, як і білок пшона, має лімітованою амінокислотою лізин, тому введення рису до рецептури виробу на основі пшона не є доцільним. Білок гречки складається з амінокислот, скор яких наближений до 1. У гречці білок має вищий вміст лізину і триптофану, які є дефіцитними в пшоні та печиві на його основі. Отже, гречане борошно може бути використане для підвищення засвоюваності білка в готовому виробі.

Результати розрахунку оптимальної дози внесення до рецептури з пшоном гречаного борошна наведено в табл. 4.

Таблиця 4. **Результати підбору оптимальної дози внесення збагачувача**

Складники білкової комбінації	контроль 1	2	3	4	5	6	7
Печиво	1	0,95	0,9	0,85	0,75	0,6	0,5
Гречане борошно	0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,4	0,5
Амінокислотнийскор, част. од.							
НАК	1	2	3	4	5	6	7
лейцин	1,68	1,61	1,56	1,50	1,40	1,27	1,19
ізолейцин	1,10	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	1,00
мет + цистин	1,07	1,05	1,04	1,02	1,00	0,96	0,94
лізин	0,58	0,61	0,63	0,66	0,70	0,76	0,79
тирозин +фенілаланін	1,26	1,24	1,22	1,20	1,16	1,11	1,08
треонін	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93
валін	1,10	1,09	1,09	1,08	1,07	1,06	1,06
триптофан	1,20	1,22	1,23	1,25	1,28	1,32	1,34
Показники біологічної цінності білку							
Показник	1	2	3	4	5	6	7
$АС_{min}$, част. од.	0,58	0,61	0,63	0,66	0,70	0,76	0,79
Коефіцієнт утилітарності, част. од.	0,51	0,54	0,57	0,60	0,65	0,73	0,77
Збалансована частина НАК, г/100 г білку	20,95	21,90	22,81	23,66	25,23	27,29	28,50
Коефіцієнт надлишковості, %	34,35	30,41	27,00	24,02	19,06	13,41	10,46

З показників, наведених у табл. 4, випливає, що оптимальною є рецептура № 6, де доза внесення гречаного борошна становить 40%. За цієї рецептури засвоюваність всіх амінокислот становить 76%. Коефіцієнт утилітарності становить 73%, що показує, яка частина білка використовується організмом на пластичну функцію, тобто основну функцію білків. 13% білка буде витрачатися організмом на енергетичну та інші функції — коефіцієнт надлишковості.

Збільшення кількості внесення гречки понад 40% вважаємо недоцільним, оскільки через специфічний колір і смак погіршаться органолептичні властивості печива.

Висновки. Можна виокремити такі основні підгрупи безглютенових продуктів функціонального призначення: високобілкові, з підвищеною антиоксидантною активністю, з пребіотичними властивостями, діабетичного спрямування. Серед цих груп найменш дослідженими є високобілкові та з пребіотичними властивостями, що свідчить про вільні ніші на ринку і перспективи розвитку цього сегмента продукції. Варто звернути увагу на різні безглютенові сорти злакових, які ще не досліджувались науковцями та не використовувалися виробничниками. Зокрема, варто звернути увагу на різні сорти проса та крупу, отриману з нього, — пшоно. Вони практично не використовуються в технологіях безглютенових борошняних кондитерських виробів.

Саме тому як безглютеновий вид сировини було обрано пшоно, яке багате на

харчові волокна, вітаміни та мінеральні речовини. Більш детальний розгляд білкової фракції печива на основі пшона виявив, що 58% білка продукту витрачається на пластичні функції організму, а решта — на енергетичні.

Раціон людей, хворих на целіакію, має бути менш енергетичним, але потребує повноцінного білка. Саме тому було вирішено створити суміш двох безглютенових видів зернових культур для збалансування білкового складу. Найкращим виявилось поєднання пшона і гречки при співвідношенні пшона до гречки, як 60:40. Рівень засвоюваності білка сконструйованого печива підвищився до 76%.

Опираючись на дані, отримані при розрахунку біологічної цінності печива на основі пшона, можна стверджувати про його перспективність як безглютенової сировини для виготовлення безглютенових борошняних кондитерських виробів. Безглютенове здобне печиво на основі пшона при тій же енергетичній цінності, що і за традиційної рецептури (на основі пшеничного борошна), має більший вміст вітамінів і мінеральних речовин. Сконструйована комбінація зернової сировини у рецептурі безглютенового печива показує можливість створення цілої лінійки продукції на основі пшона, збалансовуючи білкову чи вуглеводну його складову.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jingwen, Xu, Yiqin, Zhang, Weiqun, Wang, Yonghui, Li. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020, Vol. 103. P 200—21.

2. Губська, О. Ю. Способи та алгоритми діагностики целіакії в дорослих з урахуванням сучас-них діагностичних можливостей регіонів України: методичні рекомендації для впровадження в закладах охорони здоров’я, закладах первинної медико-санітарної допомоги, відділеннях стаціона-рів терапевтичного, гастроентерологічного профілів. Київ: НМУ імені О. О. Богомольця, 2019. 34 с.

3. WGO. Global Guidelines. Celiac disease. URL: https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/ file/guidelines/celiac-disease-english-2016.pdf (дата останнього звернення 01.03.2023).

4. Costa Borges V., Santos Fernandes S., Zavareze Elessandrada R., Haros Claudia M., Hernandez Carlos P., Dias Alvaro Renato Guerra, Myriamde las Mercedes Salas-Mellado. Production of gluten free bread with flour and chia seeds. ELSEVIER. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/ S2212429221004193 (дата останнього звернення 01.03.2023).

5. Coronel E. Belén, Guiotto E. Nancy, Aspiroz María C., Tomás Mabel C., Nolasco Susana M., Capitani Marianela I. Development of gluten-free premixes with buckwheat and chia flours: Application in a bread product. LWT — Food Science and Technology. URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/ abs/pii/S0023643821000694 (дата останнього звернення 01.03.2023).

6. Martínez E., García-Martínez R., Álvarez-Ortí M., Rabadán A., Pardo-Giménez A., Pardo E. Elaboration of Gluten-Free Cookies with Defatted Seed Flours. Effects on Technological, Nutritional, and Consumer Aspects. URL: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1213 (дата останнього звернення 01.03.2023).

7. Черемська, Т. В., Колеснікова, М. Б., Юрченко, С. Л., Андрєєва, С. С., Омельченко, С. Б. Обгрунтування технології печива безглютенового на основі суміші борошна ядра соняшнику та кукурудзи. Zürich, Schweiz. 2021, Вип. 10. С. 113—119.

8. María V. Ostermann-Porcel, Natalia Quiroga-Panelo, Ana N. Rinaldoni, Mercedes E. Campderrós. Incorporation of Okara into Gluten-Free Cookies with High Quality and Nutritional Value. *Journal of Food Quality*. DOI: https://doi.org/10.1155/2017/4071585.

9. Безрученко, О. М. Технологія безглютенових кексів з концентратом сколотин. DOI: https:// doi.org/10.30525/978-9934-26-205-0-3.

10. .Трохимович, А. А., Кишко, М. М., Сливка, Я. І., Ганич, О. Т. Вільнорадикальне окислення і антиоксидантна система в серцево-судинній патології. *Науковий вісник Ужгородського універси- тету*, 2011. В. 2(41). С. 361—364.

11. Molinari R., Costantini L., Timperio Anna Maria, Lelli V., Bonafaccia F., Bonafaccia G., Merendino N. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies. *Journal of Cereal Science*. 2018. V. 80. P. 37—43.

12. Arti Chauhan, D. C. Saxena, Sukhcharn Singh. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (Amaranthus spp.) flour. *LWT — Food Science and Technology*. 2015. V. 63. P. 939—945.

13. Khan N., Panesar P.S., Sukhcharn S. Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LWT*. 2018. V. 93. P. 573—582.

14. Dharmesh, S. S, Saxena, C., Charanjit, S. Riar. Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets. *Journal of Cereal Science*. 2016. V. 72. P. 153—161.

15. Gagneten, M., Archaina, A. D., Salas, M. P., Graciela, E. L., Salvatori, D. M., Schebor, C. Gluten-free cookies added with fibre and bioactive compounds from blackcurrant residue. DOI: https://doi.org/10. 1111/ijfs.14798.

16. Соломон, А. М., Віштак, І. В., Войціцька, О. М., Бондар, М. М. Харчові добавки та їх функціональна роль. *Аграрна наука та харчові технології / збірник наукових праць*. Вінниця, 2018. Вип. №4. С. 147—157.

17. Duta, D. E., Culetu, A. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering*. 2015. V. 162. P. 1—8.

18. Лазоренко, Н. П. Удосконалення технології маффінів спеціального призначення: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів». К.: НУХТ, 2011. 20 с.

19. Грищенко, А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів». К.: НУХТ, 2011. 20 с.

20.Сорочинська, Ю. С. Удосконалення технології безглютенового хліба з використанням борошна з зерна сорго: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів». Київ: Нац. ун-т харч. технол, 2021. 21 с.

21. Андрієнко, О. О., Галясний, І. В., Шаніна, О. М. та Ястребова, Л. М. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців: пат. 109240 Україна: МПК A21D 8/02, A21D 13/04. №u201508624; заяв. 07.09.2015; опубл. 25.08.2016, Бюл. №16. 5 с.

22. Шаніна, О. М., Мінченко, С. М. Спосіб виробництва парового безглютенового хліба: пат. 107391 Україна: МПК A21D 8/02. №u201508626; заяв. 07.09.2015; опубл. 10.06.2016, Бюл. №11. 5с.

23. Мацук, Ю. А., Олексюк, І. Г. Склад кексу безглютенового: пат. 121508 Україна: МПК A21D 8/02, A21D 13/08, A23G 3/42. № u201705618; заяв. 06.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23. 5 с.

24. Wesley Silva D., Bolini Helena M., Pedrosa Maria T. Clerici. S. Gluten-free rice & bean biscuit: characte rization of a new food product. Heliyon. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S240584402100061X (дата останнього звернення 04.12.2022).

25. Миколенко, С. Ю., Козяр, Ю. В. Розроблення безглютенового печива на основі нетрадиційної сировини. *Технологія харчової та легкої промисловості*. 2018. Том. 29(68) Ч.2. №4. С. 125—130.

26. Rai, S., Amarjeet Kaur, & Baljit Singh. Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *Journal of Food Scienceand Technology*. 2011. V. 51. P. 785—789.

27. Camino M. Mancebo, Picón J., Gómez M. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT — Food Science and Technology*. 2015. V. 64. P. 264—269.

28. Хімічний склад харчових продуктів. URL: https://tvoydnevnik.com/calorie (дата останнього звернення 04.12.2022).

УДК 657.5.058-035.63/.64

FEATURES OF THE APPLICATION OF INORGANIC PHOSPHATE SUBSTITUTES IN MEAT PRODUCTION TECHNOLOGY

I. Strasynskyi, M. Hrytsai
National University of Food Technologies

Key words:
Meat system,
Formulation,
Functional properties,
Safety,
Inorganic phosphates

Article history:
Received 13.10.2023
Received in revised form 07.12.2023
Accepted 07.12.2023

Corresponding author:
sim2407@ukr.net

ABSTRACT

It is proved that the use of food phosphates for the production of meat products has a positive effect on muscle proteins, contributing to a decrease in the growth of microflora, color stability and oxidative processes in meat products. In addition, by increasing the moisture-binding and emulsifying ability of meat, phosphate preparations allow to stabilize the pH of meat and meat-intensive minced meat, improve its consistency and increase the yield of finished products.

The necessity of developing food products of a new generation with a high protein content has been substantiated. It is determined that meat products containing natural ingredients in the future may become a priority choice in the structure of population nutrition.

It is proved that at the time there is a need to replace inorganic phosphates used in meat products technology with organic food additives that reduce the risk of a number of diseases, as well as due to changes in consumer preferences regarding the presence of a "clean label" on the packaging of products. Alternatively, the use of natural ingredients is considered.

Natural substitutes for phosphates are given and possibilities of using ingredients of plant origin (starch, fiber or seeds) are substantiated; mushroom ingredients (mushrooms and mushroom extracts); ingredients from algae; ingredients of animal origin (inorganic compounds from seafood or chicken eggs). The features of their application in view of the change in the functional and technological properties of meat and meat-intensive systems, organoleptic characteristics and shelf life are determined.

The main limiting factors for the removal of inorganic phosphates fromprocessed meat products were noted. The main problems regarding the use of natural ingredients in relation to inorganic phosphates are outlined.

Attention is focused on the possibility of increasing the cost of products using natural ingredients and the need to ensure sustainable production costs at processing enterprises.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-5

© І. М. Страшинський, М. С. Грицай, 2023

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАМІННИКІВ НЕОРГАНІЧНИХ ФОСФАТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСОПРОДУКТІВ

І. М. Страшинський, канд. техн. наук,
М. С. Грицай
Національний університет харчових технологій

В оглядовій статті визначено, що м'ясопродукти, які містять натуральні інгредієнти, в майбутньому можуть стати пріоритетним вибором у структурі харчування населення.
Наведено природні замінники фосфатів та обґрунтовано можливості використання інгредієнтів рослинного походження (крохмаль, волокна або насіння); грибних інгредієнтів (гриби та грибні екстракти); інгредієнтів з водоростей; інгредієнтів тваринного походження (неорганічні сполуки з морепродуктів або курячих яєць). Визначено особливості їх застосування з огляду на зміну функціонально-технологічних властивостей м'ясних і м'ясомістких систем, органолептичних характеристик і терміну зберігання.
Окреслено основні проблеми щодо використання натуральних інгредієнтів у порівнянні з неорганічними фосфатами.

Ключові слова: *м'ясна система, рецептура, функціональні властивості, безпечність, неорганічні фосфати.*

Постановка проблеми. Важливим для підтримки здоров'я та якості життя людей є споживання у достатніх кількостях повноцінних джерел білка. Це особливо актуально для сьогодення у зв'язку зі збільшенням середньої тривалості життя населення планети ніж у попередніх поколінь [1], тому все більш актуальною проблемою є розробка здорових продуктів харчування з високим вмістом білка. М'ясо та м'ясні продукти є важливою частиною раціону людини, оскільки вони забезпечують широкий спектр сполук з високою біологічною цінністю, включаючи необхідні поживні речовини. М'ясопродукти, виготовлені за рецептурами, що містять натуральні інгредієнти, можуть бути найбільш ефективним вибором для забезпечення багатих поживними речовинами продуктів, які задовольняють попит споживачів як з точки зору органолептичних характеристик та зручності, так і з точки зору здоров'я [2, 3].

Однією з проблем, пов'язаних із виготовленням м'ясних продуктів, є використання харчових добавок, таких як неорганічні фосфати, оскільки їх споживання провокує гіперфосфатемію. Це пов'язано з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань, атеросклерозу та захворюванням кісток через зниження рівня поглинання деяких мінералів в осіб із хронічною нирковою недостатністю [4, 5]. З іншого боку, використання харчових фосфатів для виробництва м'ясопродуктів здійснює позитивний вплив на м'язові білки, підвищуючи вологозв'язувальну та емульгуючу здатності м'ясних і м'ясомістких систем. Фосфатні препарати дають змогу стабілізувати pH фаршу, покращити його консистенцію та збільшити вихід готової продукції (рис. 1). Крім того, фосфатні солі сприяють зменшенню зростання мікрофлори, підвищують стійкість кольору та знижують швидкість окислювальних процесів у м'ясопродуктах.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Для виробництва м'ясопродуктів використовують натрієві і частково калієві солі ортофосфорної (H_3PO_4), пірофосфор-

ної ($H_4P_2O_7$), триполіфосфорної ($H_5P_3O_{10}$) і гексаметафосфорної $(HPO_3)_6$ кислот. Вони відрізняються між собою ступенем впливу на білки і жири м'язової тканини, яку зумовлює головним чином величина pH їх 1%-го розчину. Кислі солі знижують ВЗЗ м'ясного фаршу, нейтральні характеризуються низькою активністю, а лужні сприяють зміщенню pH середовища в лужний бік, надаючи при цьому продукту неприємний смак [5]. У м'ясній промисловості неорганічні фосфати використовуються в різних рецептурних співвідношеннях, оскільки суміші розроблені для специфічного застосування та працюють ефективніше, ніж одна сполука неорганічного фосфату.

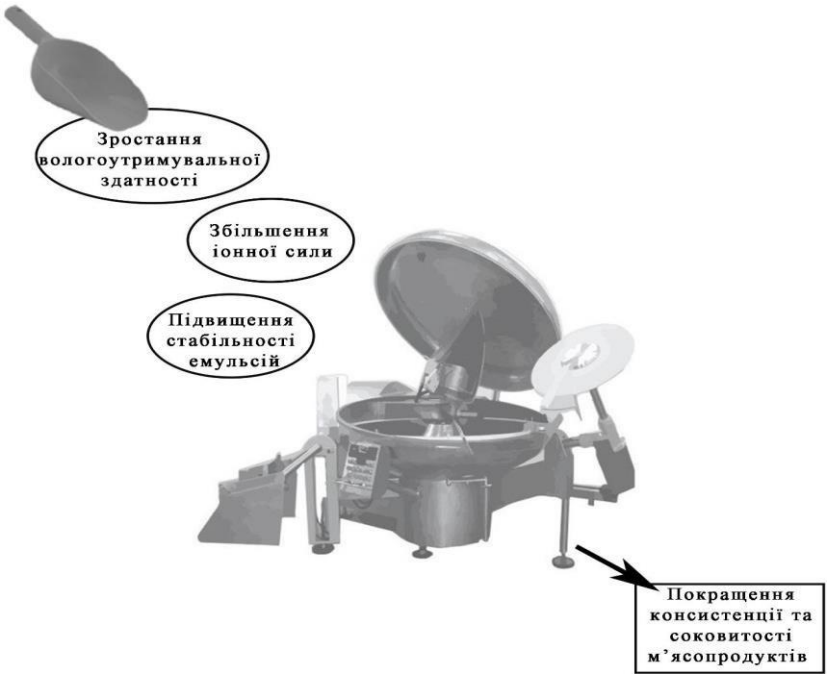


Рис. 1. Основний функціональний вплив неорганічних фосфатів на м'ясні системи

Неорганічні фосфати містять до 65% оброблених м'ясопродуктів, а практика їх впровадження фахівцями у технології м'яса та м'ясних продуктів як на виробництві, так і в наукових дослідженнях має більше п'яти десятиліть. Використання неорганічних фосфатів дозволено Європейським Союзом відповідними регламентами, в яких зазначається, що вони не становлять ризику для здоров'я людини [6], а у Сполучених Штатах неорганічні фосфати визнано загалом безпечними (статус GRAS) [7]. Харчові стандарти Європейського Союзу, Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН і Всесвітньої організації охорони здоров'я дозволяють використовувати неорганічні фосфати в м'ясній промисловості в максимальній кількості 5 г/кг у вигляді оксиду фосфору (P_2O_5), що є еквівалентним рівню включення 0,5% у готовому продукті. Сьогодні м'ясні продукти, що містять неорганічні фосфати, є популярними в усьому світі, що, ймовірно, збільшить кількість неорганічних фосфатів, які сьогодні використовуються, порівняно з попередніми роками [8].

Споживання і застосування фосфатів останнім часом зростає в інших галузях харчової промисловості, що обумовлено їх використанням у багатьох оброблених харчових продуктах як стабілізаторів та емульгаторів. Зокрема, для хімічної закваски в технології крекерів як кислота в реакції з бікарбонатом натрію для отримання

CO_2, H_2O та нейтральної солі. Крім того, фосфати використовують у молочних продуктах. Натрієва кислота пірофосфат використовується у фруктах і овочах для запобігання «потемнінню» після приготування. У технології безалкогольних напоїв фосфорна кислота використовується як ароматизатор [9].

Відповідний вміст фосфатів у харчових продуктах можна представити таким чином: сосиски (200—300 мг/150 г), плавлений сир (400—500 мг/50 г), цільнозерновий хліб (100—200 мг/100 г) і шоколад (100—200 мг/50 г). Навіть кола, пиво і фруктовий сік містить 50—100 мг фосфату на 200 мл [7].

Кілька останніх десятиліть в харчовій промисловості Європейського Союзу набула популярності тенденція чисте маркування ("Clean label"). Під "Clean label" (дослівно «чиста етикетка») мають на увазі, що оброблені харчові продукти містять інгредієнти природного походження, а інформація на етикетці є зрозумілою для споживачів, «штучні» або «синтетичні» добавки, які вважаються шкідливими для здоров'я людини, не використовуються [10]. Очікується, що м'ясні продукти з «чистими етикетками» не будуть містити синтетичних добавок, ароматизаторів і пігментів, і в той же час вони мають містити натуральні інгредієнти, з якими знайомий споживач. Покупці м'ясопродуктів вимагають «чистих етикеток» на продуктах на тому ж рівні, що й споживачі інших видів харчових продуктів. Тому одним із завдань м'ясної промисловості є пошук і використання в рецептурах альтернатив неорганічним фосфатам, які забезпечують аналогічну функціональність, а кінцевий продукт відповідає стандартам, показникам якості та вимогам споживачів [11, 12].

Метою дослідження є узагальнення та аналіз сучасних наукових досліджень, публікацій про альтернативні інгредієнти, які зможуть успішно замінити неорганічні фосфати у виробництві продуктів переробки м'яса, вказуючи на їх ефективність, а також переваги та недоліки для харчової промисловості.

Результати дослідження. Загальновідомо, що неорганічні фосфати (особливо лужні фосфати) використовуються в м'ясній промисловості для виконання багатьох важливих функцій. Вони покращують вологоутримувальну здатність (через вплив на pH), збільшують силу відштовхування м'ясних білків, підвищують іонну силу в м'ясних системах і стабільність емульсії завдяки ефекту синергізму з хлоридом натрію [13, 14]. Усі ці функціональні властивості неорганічних фосфатів позитивно впливають на консистенцію та соковитість м'ясних продуктів [15].

Додатковою функцією, яку неорганічні фосфати виконують у м'ясних системах, є їхня здатність сприяти дисоціації актоміозинового комплексу, утвореного при посмертному задубінні під час біохімічних перетворень у м'язовій тканині. Негативно заряджені низькомолекулярні фосфатні іони зв'язуються з іонами Mg^{2+} або Ca^{2+}, які беруть участь як у скороченні, так і в розслабленні живої м'язової тканини, а також присутні в зв'язках між актином і міозином (тобто актоміозиновому комплексі) у м'язах після задубіння [13]. Дисоціація актоміозинового комплексу деполімеризує товсті та тонкі волокна, збільшуючи розчинність білка, що призводить до збільшення вологоутримувальної здатності, а також до покращення емульгуючих і гелеутворюючих властивостей [13, 16]. Ці ефекти позитивно впливають на зменшення втрат при термообробленні, а також на стабільність і консистенцію подрібнених і емульгованих м'ясних продуктів.

Неорганічні фосфати здатні зв'язувати іони важких металів і брати участь у видаленні каталітичних агентів, які ініціюють окислення ліпідів, таким чином уповільнюють окиснювальні процеси та стабілізують колір протягом тривалого зберігання,

тобто мають антиоксидантний потенціал [17—19] Крім того, було встановлено, що неорганічні фосфати позитивно впливають на смак у повторно нагрітих продуктів, зменшуючи окислення жирних кислот, а також відіграючи роль в окисленні фосфоліпідів.

Завдяки своїй здатності зв'язувати іони металів або поліелектроліти, фосфати мають консервуючу дію завдяки уповільненню окислювальних процесів, які беруть участь у мікробному псуванні [11]. У присутності фосфатних сполук мікроорганізми позбавлені двовалентних катіонів і вільної, або доступної води, необхідної для метаболічних функцій. Однак позитивний вплив неорганічних фосфатів на мікробіологічну стабільність м'ясопродуктів обмежений через їхню велику кількість, необхідну для впливу на зменшення діяльності мікроорганізмів.

У виробництві подрібнених, рестуктурованих або емульгованих м'ясних продуктів неорганічні фосфати необхідні для досягнення належної стабільності емульсії [20]. Зокрема, було показано, що пірофосфат натрію й триполіфосфат натрію покращують консистенцію та підвищують стабільність емульсії, що зменшує втрати при термообробленні [21]. У технології переробки м'яса найбільш часто використовуваними фосфатами є лужні поліфосфати, де триполіфосфат натрію становить понад 50% від загальної кількості використовуваних в м'ясній промисловості неорганічних фосфатів [17].

Неорганічні замінники фосфату надходять з різних джерел і можуть бути класифіковані в основному як інгредієнти рослинного походження (наприклад, крохмаль, волокна або насіння), грибні інгредієнти (наприклад, гриби та грибні екстракти), інгредієнти водоростей, інгредієнти тваринного походження (наприклад, м'ясо, молочні продукти або яєчні матеріали) або неорганічні сполуки (тобто мінерали). Основною перешкодою при використанні цих природних інгредієнтів як замінників неорганічних фосфатів є зв'язування вологи, зокрема збільшення кількості втрат при термообробленні та зниження виходу продукту. Крім того, відбуваються небажані зміни консистенції, кольору та інших органолептичних властивостей при використанні натуральних інгредієнтів як замінників неорганічних фосфатів. Наприклад, при використанні 0,75% апельсинової клітковини в болонській ковбасі варений продукт був класифікований як нестабільна емульсія з низьким рівнем соковитості [22]. Використання гриба зимового (*Flammulina filiformis*) (1%), обробленого атмосферною нетермальною плазмою, атмосферної нетермічної плазми в м'ясних шинкових консервах продуктах з шинки збільшує пропорції желе та рівні ексудату розтопленого жиру [23]. Крім того, використання мікроводоростей (1% *Chlorella sp*. і 1% *Spirulina sp*.) у технології посічених напівфабрикатів, обумовлює інтенсивний темніший колір у котлетах після доведення до кулінарної готовності, небажаний аромат і смак умамі (смак білкових речовин) [24]. Незважаючи на те, що наведені вище дослідження свідчать, що альтернативи неорганічним фосфатам можуть існувати, все ще існує потреба в додаткових дослідженнях (рис. 2).

Проведені дослідження з використання природних інгредієнтів для зменшення вмісту (або видалення з рецептур) неорганічного фосфату, які мають здатність змінювати pH, але це негативно впливає на декілька інших параметрів. Наприклад, автори зазначили, що слід допускати компроміси, зокрема, задовільні органолептичні властивості та зниження виходу готових виробів при обробці вареної шинки з цілими м'язами при заміні триполіфосфату натрію декстрозою, рисовим крохмалем і фруктоолігосахаридами [25]. У праці [22] Powell та ін. повідомили, що рівень триполіфосфату натрію можна знизити (але не видалити з рецептур), при додаванні до

рецептури болонської ковбаси цитрусових волокон, тоді як Palanisamy Thangavelu та ін. [26] повідомили про подібні висновки при використанні яблучних волокон для заміни триполіфосфату натрію в сосисках для сніданку. Інші дослідження свідчать, що внесення 5,7% порошку топінамбуру можна було б ефективно використовувати для заміни триполіфосфату натрію, якщо також включити карбонат натрію [27]. З точки зору додавання інгредієнтів грибів органолептичні характеристики викликають більше занепокоєння, ніж вихід продукту при обробці, оскільки 1,0% суміші порошку грибів (що є рівнем включення, необхідним для досягнення утримання вологи) впливають на характеристики консистенції оброблених м'ясних продуктів [23, 28, 29]. Крім того, існують культурні обмеження, які необхідно враховувати при використанні грибних інгредієнтів. Незважаючи на те, що смак і аромат грибів прийнятний і навіть викликає апетит у багатьох споживачів, це можна вважати набутими індивідуальними вподобаннями і може відвернути деяких людей [20].

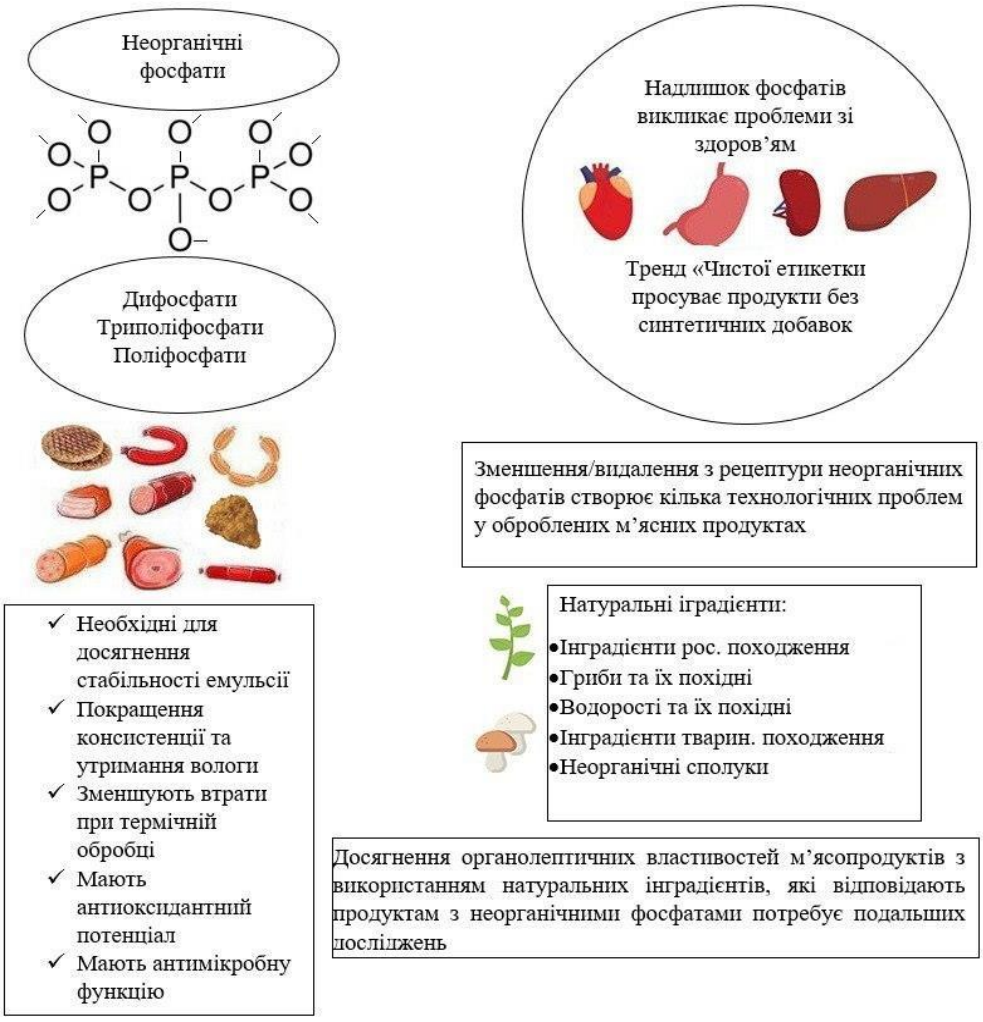


Рис. 2. Технологічні особливості неорганічних фосфатів і тренд «чистої етикетки»

Використання попередньо сформованих гелів, наприклад, додавання 2,0% гелю зі слизу чіа, продемонструвало функціональні властивості, які дозволили знизити на 50% кількість неорганічного фосфату для болонських сосисок [30]. Інші дослідники також наводять результати, що підтверджують доцільність внесення попередньо сформованих гелів у м'ясні та м'ясомісткі емульсії [31—33]. Також включення насіння кіноа може бути одним з варіантів для зменшення вмісту фосфатів у м'ясних емульсіях завдяки її гелеутворюючій здатності, що покращує поживну цінність м'ясних продуктів, будучи джерелом харчових волокон [34]. Інгредієнти з водоростей, такі як порошок з бурих водоростей, виявилися перспективними для заміни пірофосфату натрію в сосисках емульсійного типу, не враховуючи характеристики консистенції, яка не виправдала очікувань [35].

Інгредієнти на основі кальцію, такі як порошки з яєчної шкаралупи та ракушок устриці, показали різний вплив на показники pH, втрати при варінні та структурно-механічні властивості подрібнених м'ясних систем [36—38]. Але консистенція готових виробів поступається м'ясопродуктам, виготовленим з додаванням неорганічних фосфатів, що зумовлює використання додаткових інгредієнтів у рецептурах. Крім того, деякі нещодавно розроблені інгредієнти можуть містити непоживні сполуки або сполуки, що викликають алергічну реакцію. Наприклад, пропозиція замінити неорганічні фосфати кунжутною макухою є ефективною пропозицією з технологічної точки зору, але слід взяти до уваги, що кунжут зараз оголошено алергеном, тому це необхідно враховувати при складанні рецептур продуктів обробленого м'яса з цим новим інгредієнтом і це, у свою чергу, може обмежити його універсальність [14].

Окислення ліпідів у м'ясних продуктах є обмежуючим фактором для м'ясної промисловості через присутність жирів у високих концентраціях у рецептурах переважної більшості м'ясопродуктів. Окислення знижує якість м'ясних виробів, негативно впливаючи на смак, колір, консистенцію та поживну цінність [39, 40]. Тож важливо приділяти увагу при видаленні неорганічних фосфатів з рецептур оброблених м'ясних продуктів до їхньої здатності уповільнювати окислювальні реакції.

Повна відповідність органолептичних якостей оброблених м'ясних продуктів, які містять неорганічні фосфати, продуктам з використанням натуральних інгредієнтів все ще залишається великою проблемою, оскільки передбачувані результати при використанні натуральних інгредієнтів, зазвичай, впливають на прийнятність споживачами, які хочуть і надалі відчувати ті ж самі органолептичні якості традиційних м'ясних продуктів. Крім того, інгредієнт-замінник відіграє дуже важливу роль у вподобаннях споживачів [41]. За допомогою тестування органолептичних показників на дегустаціях було продемонстровано, що споживачі більш позитивно оцінюють смак м'ясних продуктів з використанням неорганічних фосфатів, ніж тих, що не містять неорганічних фосфатів [27, 42].

Значним викликом, який стоїть перед м'ясопереробною промисловістю, є підтримка низьких і сталих виробничих витрат. Тому важливо, щоб використання натуральних інгредієнтів не призвело до додаткових витрат, пов'язаних із процесами екстракції, очищення та іншими необхідними процесами обробки. Також може знадобитися створення нової або масштабної переробної інфраструктури для виробництва нових натуральних інгредієнтів у достатній кількості для промисловості. Отже, необхідно враховувати витрати, пов'язані з використанням нових технологій, перш ніж перейти до промислового впровадження нових природних інгредієнтів та інноваційних технологій.

Висновки. Використання розглянутих в оглядовій статті сумішей природних інгредієнтів як замінників харчових фосфатів, які покращують функціонально-

технологічні характеристики м'ясних і м'ясомістких систем, позитивно впливають на органолептичні властивості й термін придатності готових виробів, можуть бути рішенням для заміни неорганічних фосфатів. Наступним етапом буде встановлення відповідних пропорцій кожного інгредієнта, за яких якість м'ясних і м'ясомістких систем не погіршується. Пошук інноваційних інгредієнтів для альтернативи неорга- нічним фосфатам у технології м'ясних і м'ясомістких продуктів потребує проведен- ня подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Grasso, A. C., Hung, Y., Olthof, M. R., Brouwer, I. A., & Verbeke, W. (2021). Understanding meat consumption in later life: A segmentation of older consumers in the EU. Food Quality and Preference, 93, Article 104242.

2. Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata,P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., Polizer, Y. J., de Mello, J. L. M., Lapa-Guimar˜aes, J., & Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 147, 53—59.

3. Barone, A., Banovic, M., Asioli, D., Wallace,E., Ruiz-Capillas, C., & Grasso,S. (2021). The usual suspect: How to co-create healthier meat products. Food Research International, 143, 110304.

4. Ritz, E., Hahn, K., Ketteler, M., Kuhlmann, M. K., & Mann, J. (2012). Phosphate additives in food — a health risk. *Deutsches Arzteblatt ¨ International*, 109, 49.

5. Страшинський, І., Маринін, А., Грицай, М., & Шкірдов, Д. (2022). Перспективні технології альтернативної заміни фосфатних препаратів у м'ясопродуктах. *Scientific Collection "InterConf+"*, 13(109), 287—296.

6. Younes, M., Aquilina, G., Castle, L., Engel, K. H., Fowler, P., Frutos Fernandez, M. J., Fürst, P., Gürtler, R., Husøy, T., Mennes, W., Moldeus, P., Oskarsson, A., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wolfle, ¨ D., Aggett, P., Cupisti, A., Fortes, C., Kuhnle, G., Lillegaard, I. T., Scotter, M., Giarola, A., Tard, A., & Gundert-Remy, U. (2019). Reevaluation of phosphoric acid-phosphates — di-, tri- and polyphosphates (E 338—341, E 343, E 450—452) as food additives and the safety of proposed extension of use. *EFSA Journal*, 17, e05674.

7. Ritz, E., Hahn, K., Ketteler, M., Kuhlmann, M. K., & Mann, J. (2012). Phosphate additives in food — a health risk. *Deutsches Arzteblatt ¨ International*, 109, 49.

8. Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R. T., Le˜aes, Y. S. V., Cichoski, A . J., Lorenzo, J. M., dos Santos, M., Pollonio, M. A.R., & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Meat Science*, 152, 88—95.

9. Lampila, L. E. (2013): Applicationsand functions offood-grade phosphates. Ann. N Y. Acad. Sci., 1301, 37—44.

10. Singh, A. K., Ramakanth,D., Kumar, A., Lee, Y. S., & Gaikwad, K. K. (2021). Active packaging technologies for clean label food products: A review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4314—4324.

11. Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo,J. M., Cichoski, A. J., Boeira,C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: An overview. *Current Opinion in Food Science*, 40, 1—5.

12. Delgado-Pando, G., Ekonomou, S. I., Stratakos, A. C., & Pintado, T. (2021). Clean label alternatives in meat products. *Foods*, 10(7), 1615.

13. Thangavelu, K. P., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., & McDonnell, C. K. (2019). Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. *Trends in Food Science and Technology*, 94, 43—53.

14. Cao, C., Yuan, D., Li, X., Kong, B., Chen, Q., Sun, F., & Liu, Q. (2022). Reduction of phosphate content in frankfurters by up to 50% using micronized cold-pressed sesame seed cake. *Meat Science*, 185, 108708.

15. Faustino, M., Veiga, M., Sousa, P., Costa, E. M., Silva, S., & Pintado, M. (2019). Agro-food by-products as a new source of natural food additives. *Molecules*, 24, 1—23.

16. Goemaere, O., Glorieux, S., Govaert, M., Steen, L., & Fraeye, I. (2021). Phosphate elimination in emulsified meat products: Impact of protein-based ingredients on quality characteristics. *Foods*, 10, 882.

17. Balestra, F., & Petracci, M.(2019). Technofunctional ingredients for meat products: Current chal-

lenges. In C. M. Galanakis (Ed.), *Sustainable meatproduction and processing* (pp. 45—68). Elsevier.

18. Bohrer, B. M. (2019). Sequestrants as a Food Ingredient. In L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry* (Vol. 1, pp. 251—255). Elsevier.

19. Rodrigues, A. S., Kubota, E. H., Giacomelli, C., Alves,S., Rodrigues,G. S., Cezar, P., & Campagnol, B. (2020). Banana inflorescences: A cheap raw material with great potential to be used as a natural antioxidant in meat products. *Meat Science*, 161 (3), 107991.

20. Domínguez, R., Munekata, P. E., Pateiro, M., Lopez-Fern ´ ´andez, O., & Lorenzo,J. M. (2021). Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37, 135—144.

21. Glorieux, S., Goemaere, O., Steen, L., & Fraeye, I. (2017). Phosphate reduction in emulsified meat products: impact of phosphate type and dosage on quality characteristics. *Food Technology and Biotechnology*, 55, 390—397.

22. Powell, M. J., Sebranek, J. G., Prusa, K. J., & Tart´e, R. (2019). Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodiumphosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage. *Meat Science*, 157, 107883.

23. Jo, K., Lee, S., Jo, C., Jeon, H. J., Choe, J. H., Choi, Y. S., & Jung, S. (2020). Utility of winter mushroomtreated by atmospheric non-thermal plasma as an alternative for synthetic nitrite and phosphate in ground ham. *Meat Science*, 166, 108151.

24. De Medeiros, Pimentel, T. C., Sant'Ana, A. S., & Magnani, M. (2021). Microalgae in the meat processing chain: feed for animal production or source oftechno-functional ingredients. *Current Opinion in Food Science*, 37, 125—134.

25. Resconi, V. C., Keenan, D. F., Gough, S., Doran, L., Allen,P., Kerry,J. P., & Hamill, R. M. (2015). Response surface methodology analysis of rice starch and fructooligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams. *LWT — Food Science& Technology*, 64, 946—958.

26. Palanisamy Thangavelu, K., Tiwari, B., Kerry, J. P., McDonnell, C. K., & Alvarez, ´ C. (2022). Phosphate replacing potential of apple pomace and coffee silver skin in Irish breakfast sausage using a mixture design approach. *Meat Science*, 185, 108722.

27. Oztürk, B., & Serdarolu,M. (2018). Effects of Jerusalemartichoke powder and sodiumcarbonate as phosphate replacers on the quality characteristics of emulsified chicken meatballs. *Korean Journal for Food Scienceof Animal Resources*, 38, 26—42.

28. Chun, S., Chambers, E., & Chambers, D. H. (2020). Effects of shiitake (*lentinus edodesp.*) mushroompowder and sodiumtripolyphosphate on texture and flavor of pork patties. *Foods*, 9, 611.

29. Pérez Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Romero,L., & Santos, E. M. (2021). Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37, 118—124.

30. Căamara, A. K. F. I., Vidal, V. A. S., Santos, M., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., & Pollonio, M. A. R. (2020). Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. *Meat Science*, 163, 108085.

31. Oztürk-Kerimoğlu, B. (2021). A promising strategy for designing reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein-agar agar gel complex. *Food Structure*, 29, 100205.

32. Pinton, M. B., Lorenzo, J. M., Seibt, A. C. M. D., Dos Santos,B. A., da Rosa,J. L., Correa, L. P., Campagnol, P. C. B. (2022). Effect of high-power ultrasound and bamboo fiber on the technological and oxidative properties of phosphate-free meat emulsions. *Meat Science*, 193, 108931.

33. Dos Santos, M., Ozaki, M. M., Ribeiro,W. O., de Souza Paglarini, C., Vidal, V. A. S., Campagnol, P. C. B., & Pollonio, M. A. R. (2020). Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. *Lwt*, 120, 108895.

34. Strashynskiy, I., Grechko, V., Fursik, O., Pasichnyi, V., & Marynin,A. (2021). Influence of temperature modes of processing chia seed meal gel on its rheological and functional-technological properties. *Science Rise*, (6), 11—17.

35. Jo, K., Lee, J., & Jung, S. (2018). Quality characteristics of low-salt chicken sausage supplemented with a winter mushroompowder. *Korean Journal for Food Scienceof Animal Resources*, 38, 768—779.

36. Choe, J., Lee, J., Jo, K., Jo, C., Song, M., & Jung,S. (2018). Application of winter mus hroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type sausages. *Meat Science*, 143, 114—118.

37. Jeong, J. Y. (2018). Determining the optimal level of natural calciumpowders and whey protein concentrate blends as phosphate replacers in cooked ground pork products. *Korean Journal for Food*

Science of Animal Resources, 38, 1246—1252.

38. Cho, M. G., & Jeong, J. Y. (2018). Effects of calcium powder mixtures and binding ingredients as substitutes for synthetic phosphate on the quality properties of ground pork products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38, 1179—1188.

39. Estévez, M. (2021). Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities, innovative applications and future perspectives. *Meat Science*, 181, 108610.

40. N. Bozhko, V. Pasichnyi, A.Marynin, V. Tischenko, I. Strashynskyi, O. Kyselov. (2020). Investigation of the influence of the rosemary extract on the oxidizing stability of fats of semi-smoked sausages with peking duck meat. P. 18—25. *EUREKA: Life Sciences*, (3).

41. Gullón, B., Gagaoua, M., Barba, F. J., Gullon, ´P., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). Seaweeds as promising resource of bioactive compounds: Overview of novel extraction strategies and design of tailored meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 1—18.

42. Resconi, V. C., Keenan, D. F., García, E., Allen, P., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2016). The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham. *Meat Science*, 121, 127—134.

УДК 663.252.9

THE INFLUENCE OF ENOLOGICAL PRODUCTS ON THE ORGANOLEPTIC INDICATORS OF DEALCOHOLIC WINE

O. Uspalenko[1,2], M. Bilko[1], V. Kucherenko[1,2]
[1]*National University of Food Technologies*
[2]*Limited Liability Company "Ukrainian Institute of Wine"*

Key words:
Dealcoholization,
Ethanol,
Sensory analysis,
Oenological products,
Non-alcoholic wine

Article history:
Received 11.12.2023
Received in revised form 20.12.2023
Accepted 20.12.2023

Corresponding author:
aromat@ukr.net

ABSTRACT

The article examines the evaluation of several strategies for buffering and balancing the dealcoholization effect of wines with an ethanol content of less than 0.5% by volume.

The demand for non-alcoholic wines is growing with the progress of society in understanding the importance of a healthy lifestyle, preserving the environment and changing consumer preferences. But also, there are currently many discussions at the legislative and scientific level regarding this type of drink. Vacuum distillation, is the most economically beneficial and widespread method of dealcoholization. Dealcoholization is accompanied by a series of changes in the analytical and sensory parameters of wine, as ethanol has a very complex and far-reaching effect on the sensory properties of wine, thereby influencing certain losses of aromatic components in wine.

Wine from the Ukrainian grape variety Citronny Magaracha was used to study the balance of organoleptic indicators. Dealcoholization was carried out by the method of vacuum distillation. A comparison was made between non-alcoholic wine with added tannins, mannoproteins, and sweeteners.

Dealcoholization is accompanied by significantchanges in the analyticalcomposition of wine. The concentration of non-volatile components is increased by removing ethanol and other volatile components in the distillate fraction. Removal of ethanol causes clear changes in sensory perception. The results obtained s how a clearer effect on the sensations in the mouth thanon the perception of fruit components. Sweetening dealcoholized wines is more us e-ful than regular wine. Flavor recovery by commercial adsorber technology shows some potential for recovery of certain flavor components after dealcoholization by vacuumrectification. Pros - pects for further research may be aimed at improving the s ensory performance of still wines by adding permitted oenological practices.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-6

© О. В. Успаленко, М. В. Білько, В. М. Кучеренко, 2023

ВПЛИВ ЕНОЛОГІЧНИХ ПРОДУКТІВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕАЛКОГОЛОВАНОГО ВИНА

О. В. Успаленко[1,2],
М. В. Білько[1], д-р техн. наук,
В. М. Кучеренко[1,2], канд. техн. наук
[1]Національний університет харчових технологій
[2]ТОВ «НВЦ «Український інститут вина»

У статті досліджено кілька стратегій буферизації та збалансування ефекту деалкоголізації вин з вмістом етанолу менше 0,5% об'єму.
Для дослідження збалансування органолетичних показників використовували вино з українського сорту винограду Цитронний Магарача. Деалкоголізацію здійснювали методом вакуумної дистиляції. Проведено порівняння безалкогольного вина з додаванням дубильних речовин і манопротеїнів та підсолоджувачів.
Перспективи подальших досліджень можуть бути спрямовані на покращення сенсорних показників безалкогольних вина за допомогою додання дозволених енологічних практик.

***Ключові слова**: деалкоголізація, етанол, сенсорний аналіз, енологічні продукти, безалкогольне вино.*

Постановка проблеми. Інтерес і попит на безалкогольне вино значно зріс за останні декілька років. Це пов'язано з тенденцією на здоровий спосіб життя, люди почали більше піклуватися про своє здоров'я. Ринок має дуже великий асортимент напоїв. З огляду на велику конкуренцію в торгівлі, виробники виноробних підприємств розробляють та удосконалюють нові продукти. Хоча виробництво безалкогольних вин не є новою розробкою, тому що досліджувану технологію використовували у виробництві більше 100 років у Німеччині. Але в ті часи деалкоголізовані вина не мали такого попиту, як у наш час. На сьогодні Німеччина є лідером виробництва безалкогольного вина. Вітчизняний ринок переповнений імпортними продуктами, тому розробка й удосконалення безалкогольного вина з автохтонних сортів винограду є актуальним для розвитку української виноградно-виноробної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Безалкогольне вино стає все більш популярним продуктом на світовому ринку напоїв, і цей тренд помітний упродовж останніх років. Основні причини, що сприяють цьому росту, включають зростання усвідомленості щодо наслідків вживання алкоголю, зміну споживчих уподобань і зростання культури вживання алкогольних напоїв, де акцент зміщується на альтернативні напої, яким властивий смак та аромат вина.

Цікаво, що виробництво безалкогольного вина не є новим явищем. Наприклад, в Німеччині цей процес вже існує більше століття. Спроби досягнути цієї мети включають в себе різні методи деалкоголізації.

Зниження алкоголю фізичними методами є законним у багатьох країнах світу, тому різні технології мають своє практичне місце в цьому. Деалкоголізації може здійснюватися кількома фізичними процесами, заснованими або на мембранній технології, або на процесах дистиляції [1]. З точки зору мембранних процесів, деалкоголізацію можна здійснити шляхом осмотичної дистиляції, первапорації, діалізу або зворотного осмосу в поєднанні з іншим процесом розділення, таким як осмотична дистиляція або термічна дистиляція. Порівняно зі звичайним вином деалкоголізо-

вані вина, як правило, відрізняються сенсорними властивостями через відсутність етанолу.

Вміст етанолу є одним із найважливіших летючих компонентів у вині. Залежно від його концентрації, етанол може впливати на сприйняття смакових властивостей, посилювати або пригнічувати солодкість, кислотність, гіркоту, солоність, терпкість в пекучість. Окрім того, етанол може посилювати аромат вина та маскувати небажані властивості, гармонізуючи дисбаланси, або навпаки може сприяти погіршеннюбукету та смаку [2].

Відчуття кислотності у вині знижується зі збільшенням вмісту алкоголю [3]. Отже, вина зі зниженим вмістом алкоголю більш кислі [4]. Алкоголь підсилює сенсорний дескриптор тіла та повноти вина [5]. Також алкоголь лише незначно змінює тіло та насиченість вина [6]. Зокрема, властивість тіла та повноти вина споживачами сприймається як позитивна оцінка і призводить до підвищеної симпатії до напою та бажання купувати його. Однак зі збільшенням вмісту етанолу гіркота вина зростає [1]. Сприйняття терпкості вина зменшується зі збільшенням вмісту алкоголю [7]. Крім того, етанол може зменшити сприйняття «фруктовості» у вині, маскуючи сприйняття складних ефірів [8, 9].

Завдяки широкому діапазону змін у сенсорному сприйнятті вина, цілеспрямовані енологічні практики можуть допомогти збалансувати безалкогольні вина після процесу деалкоголізації та подолати негативне сприйняття якості.

Найбільше розповсюджений метод деалкоголізації — це вакуумна дистиляція, завдяки якій видалення етанолу може відбуватися при оптимальних температурах 30—40 °С. Також використовується безперервна протиточна дистиляція, яка забезпечує короткий час обробки 1—4 хв [10]. Незважаючи на те, що різні технології спрямовані на м'яке видалення етанолу з вина, процес супроводжується певними втратами аромату [11, 12].

Мета статті: дослідити вплив дозволених енологічних практик на органолетичні показники деалкоголізованого вина, яке було зроблене за допомогою методу вакуумної дистиляції.

Для реалізації мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести деалкоголізацію білого вина шляхом вакуумної дистиляції.
2. Провести порівняльний сенсортний аналіз початкового вина з деалкоголізованим, у яке додали два види танінів і підсолоджувачів.
3. Дослідити вплив танінів і підсолоджувачів на зміну якісного складу речовин ароматичного комплексу в безалкогольних винах.

Матеріали і методи. Матеріали для дослідження: вино сортове біле сухе з українського сорту винограду Цитронний Магарача, виробник ТОВ «Вина Запоріжжя»; енологічні продукти: виноградний танін, дубовий танін, монопротеїни, концентро ване виноградне сусло.

Деалкоголізацію проводили шляхом вакуумної дистиляції [13]. Вакуумний апарат є центральною частиною процесу. Він має контролювати тиск, щоб знизити його до рівня, при якому алкоголь може випаровуватися при низькій температурі. Вакуум знижує кількість тепла, яке потрібно для випаровування алкоголю, зменшуючи температуру кипіння.

У вакуумному апараті вино нагрівали до температури 30—40 °С при тиску 6 кПа, при якому алкоголь випаровується. Випаруваний алкоголь переходить у газову фазу і потрапляє в інший резервуар, де він конденсується і збирається. Деалкоголізація тривала 10 хв, де із 9,00 дм^3 вина було отримано 2,25 дм^3 дистиляту та 6,75 дм^3 де-

алкоголізованого вина. Після цього безалкогольне вино було профільтроване через лабораторний фільтер-папір. Довели вільну сірку у вині до 35 мг/л і розлили в пляшки.

Для зменшення кислотності безалкогольне вино було оброблено хімічним знекисленням гідрокарбонатом калію для зниження загальної кислотності на 1 г/л. Перед дегустацією в деалкоголізоване вино було додано різні енологічні продукти для заміни та буферизації відсутності етанолу. Також додано виноградний танін в концентраці 0,05 г/л, дубовий танін у діапазоні 0,02 г/л, у третій зразок було додано 0,3 г/л монопротеїну. Наступний зразок поєднував дозу манопротеїну та виноградного таніну в тих самих концентраціях — 0,03 г/л та 0,05 г/л відповідно.

Для оцінення потенціалу залишкового цукру та для покращення сприйняття деалкоголізованого вина провели регулювання різних ступенів солодкості шляхом додавання концентрованого виноградного сусла. Суслом для підсолоджування був Цитронний Магарача цукристістю 25%. Це сусло зберігалося до використання в стерильних умовах у скляній ємності.

Дегустація досліджуваних зразків проходила в добре освітленій і нейтральній кімнаті для сенсорної оцінки з 15 окремими дегустаційними кабінами відповідно до ISO 3501. Зразки вина кодували і дегустували охолодженими до температури 16 °С.Аналіз вина проводили за технологією ЯМР, як описано в [14].

Результати дослідження. Результати дослідження показали, як суттєво змінюється вміст етанолу та кислот після деалкоголізації (табл. 1). Все це виникає через те, що етанол нейтралізує кислоти у вині. А це призводить до відсутності нейтралізації кислот, через що кислотність стає помітнішою. Також із видаленням алкоголю частково випаровується вода, яка впливає на концентрацію кислот у залишковому (деалкоголізованому) вині.

Таблиця 1. **Показники вмісту вміст етанолу, залишковий цукор, гліцерин, яблучна та винна кислоти**

Показники	Вино (контрольний зразок)	Деалкоголізованевино
Етанол, г/л	106,8	3,79
Етанол, % об.	13,5	0,48
Залишковий цукор, г/л	1,7	2,9
Гліцерин, г/л	4,68	5,15
Яблучна кислота, г/л	1,87	2,47
Винна кислота, г/л	5,9	6,6

Отже, табл. 1 показує, що існує певний вплив концентрації на нелеткі компоненти вина внаслідок процесу деалкоголізації.

На рис. 1 показано, що додавання до деалкоголізованого вина двох вибраних енологічних танінів (виноградного та дубового), а також додавання монопротеїнового продукту не мало значного успіху в покращенні органолептичних показників порівняно з деалкоголізованим вином без добавок.

Описовий аналіз вина білого сухого Цитронний Магарача показав, що деалкоголізація не критично вплинула на вміст аромату мускату, цитрусу та фруктових тонів.

Суттєва різниця була помічена в оцінці тіла/повноти. Безалкогольні зразки оцінили як такі, що мають менше тіла/повноти, ніж вино з вмістом алкоголю. Додавання дубильних речовин і монопротеїну, як показав експеримент, може трішки

покращити показник, але не дуже суттєво. Також усі деалкоголізовані зразки показали значно вищі показники кислотності в органолептичному аналізі. Високий вміст кислотності у вині спричиняється концентраційним ефектом деалкоголізації та додатково посилюється підвищеним сприйняттям кислотності через низький вміст алкоголю (<0,5% об.).

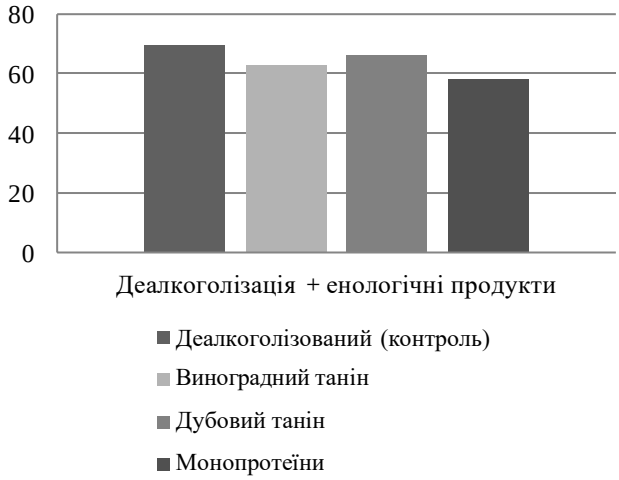


Рис. 1. Результати органолетичного оцінювання деалкоголізованого вина (контроль) з додаванням кількох енологічних препаратів

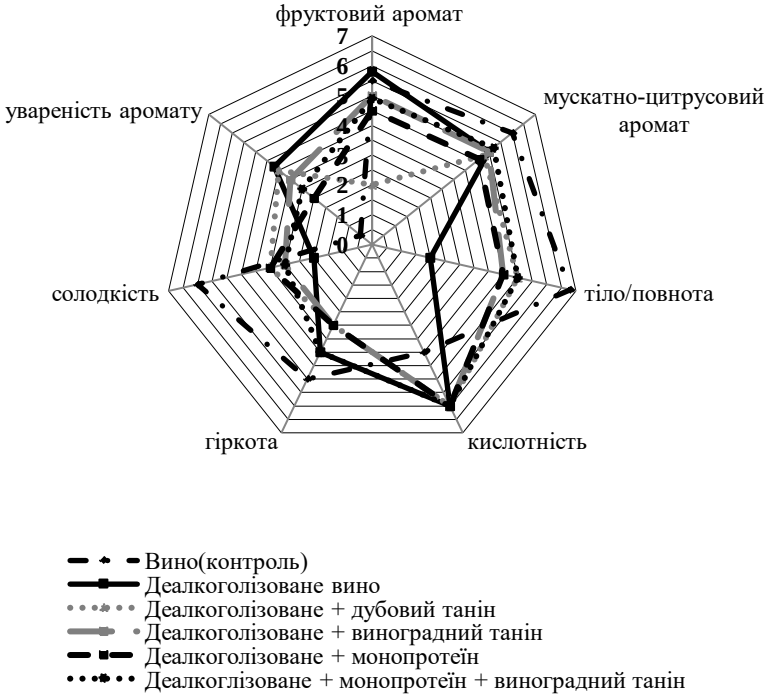


Рис. 2. Профілограма деалкоголізованого вина з додаванням різних енологічних продуктів

Гіркота продемонструвала чітку різницю між вином (контрольний зразок) ідеал-

коголізованими зразками. Це пов'язано зі значним виділенням етанолу, який головним чином відповідає за сприйняття гіркого смаку у [15].

Початковий зразок вина Цитронний Магарача 13,5% об. показав значно вищий бал солодкості порівняно з деалкоголізованими зразками. Це можна підтвердити солодким сприйняттям етанолу. Деалкоголізація з додаванням різних енологічних пре - паратів не мала значного впливу на увареність аромату.

На рис. 3 показано схожі результати з рис. 1. Комбінація хімічного знекислення, танінів, монопротеїну не призвела до покращення органолептики безалкогольного вина.

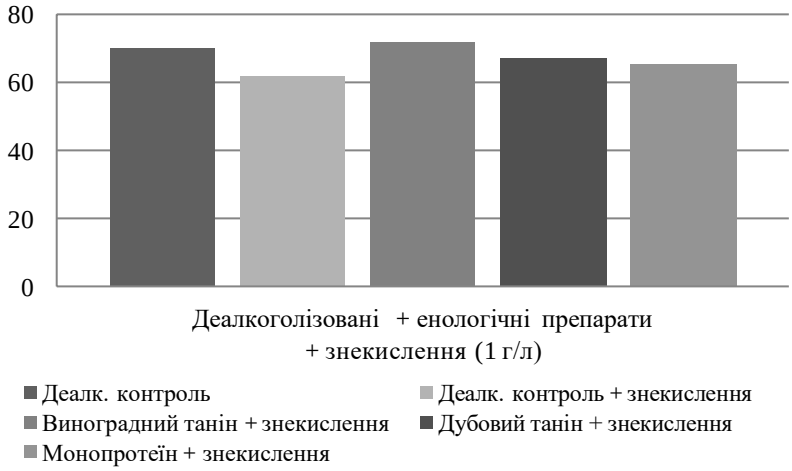


Рис. 3. Результати органолетичного оцінювання деалкоголізованого вина (контроль) з додаванням кількох енологічних препаратів з поєднанням знекисленням

Підсолоджування концетрованим виноградним суслом деалкоголізованого вина продемонструвало кращі результати порівняно з додаванням енологічних продуктів.

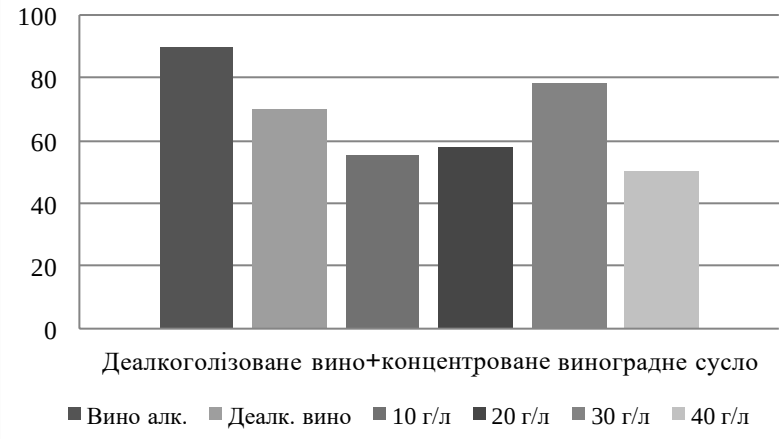


Рис. 4. Результати органолептичного оцінювання деалкоголізованого вина (контроль) з додаванням різної кількості концентрованого виноградного сусла

Порівняння з різним вмістом підсолоджування концентрованим виноградним суслом деалкоголізованого вина, а саме на 30 г/л, показало, що метод є найкращим результатом серед досліджуваних.

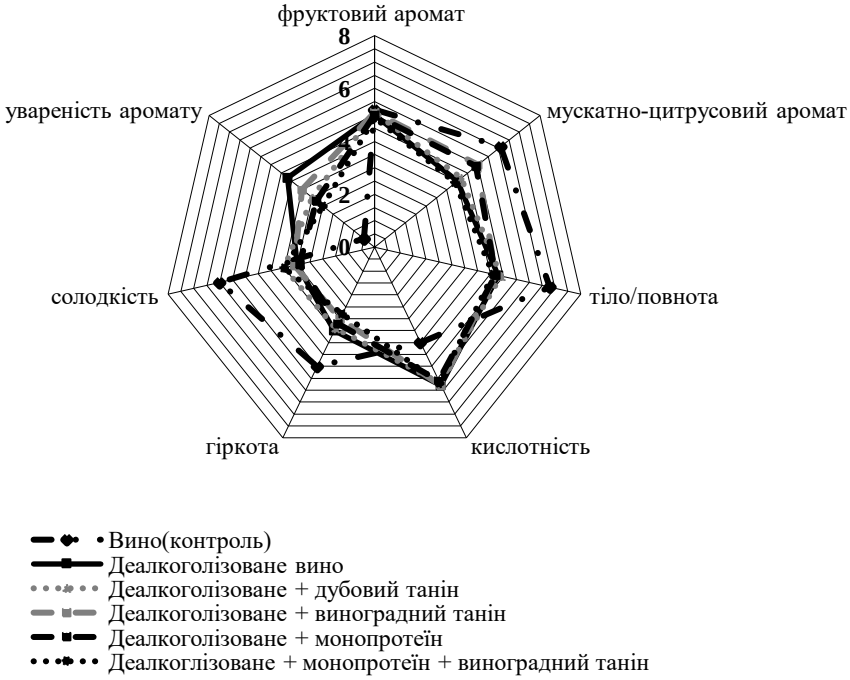


Рис. 5. Профілограма підсолодженого деалкоголізованого вина на 30 г/л з додаванням різних енологічних продуктів

Описовий аналіз деалкоголізовано вина із сорту винограду Цитронний Магарача, підсолодженого на 30 г/л концетрованим виноградним суслом, показав подібні результати щодо фруктового, цитрусового і мускатного аромату, також зафіксовані позитивні результати саме для уварених тонів. Підсолоджування концетрованим виноградним суслом не змінило сприйняття цього аромату порівняно з алкогольним (контрольним) зразком. Сприйняття тіла та повноти було значно вищим і кращим у зразку з вмістом алкоголю 13,5% об'єму порівняно з різними безалкогольним и варіантами.

Незважаючи на те, що показник кислотності для безалкогольних зразків все ще порівняно високий, гіркуватий присмак більше відчувався у початковому вині (з вмістом алкоголю).

Висновок. Деалкоголізація супроводжується значними змінами аналітичного складу вина. Концентрація нелетких компонентів збільшується через видалення етанолута інших летких компонентів у фракції дистиляту. Видалення етанолу викликає чіткі зміни в сенсорному сприйнятті. Отримані результати показують більш чіткий вплив на відчуття в роті, ніж на сприйняття фруктових компонентів. Підсолоджування деалкоголізованих вин більш корисне, ніж звичайного вина.

Відновлення смаку за допомогою комерційної адсорберної технології демонструє потенціал для відновлення певних компонентів аромату після деалкоголізаціїза допомогою вакуумної ректифікації.

Подальші дослідження мають виявити точний сенсорний вплив і специфічну здатність щодо інших ароматів вина. Однак дослідження слід поширити на інші сорти винограду та стилі вина, щоб краще зрозуміти специфічні наслідки деалкоголізації для відповідних вин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nurgel, C., Pickering, G. (2006). Perceptual Qualities of Ethanol Dependon Concentration, and Variation in These Percepts Associates with Drinking Frequency.*Sensory Studies*21, 505. https://doi.org/ 10.1007/s12078-015-9196-5.

2. Jones, PR., Havel, R., Francis, I., Waters, E. (2008). Effects of interactions between major white wine components onaroma, flavor andtexture of a modelwhite wine. *Food Quality Pref.* 19, 596—607. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.03.005

3. Pickering, G. J. (2008). Ethanol difference thresholds in wine and the influence of wine grading method and style. *American Journal of Enologyand Viticulture.* 59, 146—152. https://doi.org/ 10.5344/ ajev.2008.59.2.146.

4. Meillon, S., Viala, D., Medel, M., Urbano, C., Guillot, G., Schlich. P. (2010). Impact of partial alcohol reduction in Syrah wine on perceived complexity and temporality of sensations and link with preference. *Food Quality Preference* 21, 732. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.06.005.

5. Fontouin,H., Saucier, K., Teissedre,P.-L., Glories, Y. (2008). Effects of pH, ethanol and acidity on the astringency and bitternessof grape seed tannin oligomers in a model wine solution. *Food Quality Pref.* 19, 286—291. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.08.004.

6. Runnebaum, R. C., Boulton, R. B., Powell, R. L., Heymann, H. (2011). Key constituents affecting wine body — an exploratory study. *Sensory Studies.* 26, 62. https://doi.org/ 10.1111/j.1745-459X.2010. 00322.x.

7. Mattes, R. D., Di Meglio, D. (2001). Ethanol perception and ingestion. *Physilogy and behavior.* 72, 217—229. https://doi.org/10.1016/s0031-9384(00)00397-8.

8. Escudero, A., Campo,E., Fariña, L., Cacho, J., Ferreira, V., Agri. J. (2007). A nalytical charac- terization of the aroma of fivepremiumredwines. Insights into the role of odor families andthe concept of fruitinessof wines. *Journalofagriculturalandfoodchemistry.* 55, 450. https://doi.org/ 10.1021/ jf0636418.

9. Goldner, M. C., Zamora, M. C., Di Leo Lira, P., Gianninoto, H., Bandoni, A. (2009). Effect of ethanollevel in theperceptionof aroma attributes andthe detectin ofvolatile compounds in red wine. *Sensory Studies.* 24, 243. https://doi.org/ 10.1111/j.1745-459X.2009.00208.x.

10. Liguori, L., Russo, P., Albanese, D., Matteo, M.D. (2018). Chapter 12 — Production of Low- Alcohol Beverages: Current Status and Perspectives. *Food Processingfor Increased Quality and Con- sumption.* 347—382. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811447-6.00012-6.

11. Diban, N., Arruti, A., Barceló, A., Puxeu, M., Urtiaga, A., Ortiz, I. (2013). Membrane dealcoho li- zation of different wine varieties reducing aroma losses. Modeling and experimental validation. *Innova- tive Food Science and Emerging Technologies.* 20, 259. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2013.05.011.

12. Diban, N., Athes, A., Bes, M.,Souchon, I. (2008). Ethanolandaroma compoundstransfer study for partialdealcoholization of wineusingmembranecontactor. *Journalof Membrane Science.* Volume 311, 136. https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.12.004.

13. Ma, T. Z., Sam, F. E., Zhang, B. (2022). Low-Alcohol and Nonalcoholic W ines: Production Methods, Compositional Changes, and Aroma Improvement. *Recent Advances in Grapes and Wine Production — New Perspectives to Improve the Quality.* https://doi.org/10.5772/intechopen.105594.

14. Wohlfahrt, Y., Patz, C.-D., Schmidt,D., Rauhut, D., Honermeier, B., Stoll, M. (2021). Responses on Mustand Wine Composition of Vitis vinifera L. cvs. Rieslingand Cabernet Sauvignon under a Free Air CO_2 Enrichment(FACE). *Foods*. 10, 145. https://doi.org/10.3390/foods10010145.

15. Longo, R., Blackman, J. W.,Torley, P. J., Rogiers, S. Y., Schmidtke,L. M. (2017). Changes in volatile composition and sensory attributes of wines during alcohol content reduction. *Journal of the scienceof food and agriculture.* 97, 8. https://doi.org/10.1002/jsfa.7757.

УДК 502.13:004.414.2:664

ASPECTS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM IMPLEMENTATION AT FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

O. Yevtushenko, A. Siryk
National University of Food Technologies

Key words:
Industry enterprises,
ISO 14001,
Environmental management,
Boilers,
Information system

Article history:
Received 15.11.2022
Received in revised form 18.11.2023
Accepted 25.11.2023

Corresponding author:
0677389857@ukr.net

ABSTRACT

The development of food industry enterprises in Ukraine in modern conditions is accompanied by an increase in the environmental load on the natural environment due to the action of anthropogenic, man-made factors and resource consumption. Understanding the environmental problems that arise during the production of food products will allow us to propose measures that must be taken to reduce pressure on the environment and minimize environmental hazards.

Analytical review of modern methods of reducing the negative impact of food industry enterprises on the environment, the experience of various countries regarding the environmentalization of enterprises showed that the most effective management method is the implementation of the principles of sustainable development, that is, the implementation of an information system of environmental management, based on the requirements of the international standard ISO 14001.

The development of information systems of environmental management is the prerogative of the state, the food industry and one of the directions of the national informatization policy. Among the most important issues is the problem of providing officials with the necessary information who make management decisions at food industry enterprises on environmental safety issues. It is the increase in the level of information support that becomes an important factor in achieving the efficiency of food enterprise management.

The implementation of an information system of environmental management based on the requirements of the international standard ISO 14001 will help officials of food industry enterprises to approach the solution of environmental problems systematically. The proposed step-by-step sequence of implementation of the environmental management information system at the food enterprise will reduce costs, increase labor productivity and quality of food products, reduce accidents, expand sales markets, etc.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-7

© О. В. Євтушенко, А. О. Сірик, 2023

АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЕКОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. В. Євтушенко, канд. техн. наук,
А. О. Сірик, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

Впровадження інформаційної системи екоменеджменту на основі вимог міжнародного стандарту ISO 14001 допоможе посадовим особам підприємств харчової промисловості системно підходити до вирішення екологічних проблем. Запропонована поетапна послідовність впровадження інформаційної системи екоменеджменту на харчовому підприємстві дасть змогу знизити витрати, підвищити продуктивність праці та якість харчових продуктів, зменшити кількість аварій, розширити ринки збуту тощо.

Ключові слова: *підприємства харчової промисловості, ISO 14001, екоменеджмент, котли, інформаційна система.*

Постановка проблеми. Підприємства харчової промисловості чинять значний негативний вплив на навколишнє середовище шляхом викидів в атмосферу таких шкідливих речовин, як вуглекислий газ, хлор і сполуки хлору, хлористий водень, фреони, хлористий вуглець, метали та їх сполуки, сполуки азоту, оксиди азоту, аміак, сірка діоксиду, сірководню, сірчаної кислоти, оксиду вуглецю, оцтової кислоти, метану тощо. Загалом при виробництві харчових продуктів до основних екологічних загроз належать: викиди в атмосферу, руйнування озонового шару при використанні холодоагентів, твердих і рідких відходів виробництва та побутових відходів, забруднення водного басейну стічними водами тощо. Слід зазначити, що інформаційні технології є невід'ємною частиною нашої сучасності. Нині відбувається програмована зміна інформаційної основи функціонування різних соціальних підсистем; заміна «паперових» інформаційних баз на інтерактивні автоматизовані системи; створення нових, більш ефективних з точки зору раціоналізації виробництва і споживання моделей. Виникло поняття «інформаційне середовище», яке включає всі фактори, що впливають на інформаційні процеси: апаратне, програмне забезпечення, бази даних, комунікаційні мережі, організаційні структури, нові форми та методи контролю й управління, документообіг, процедури, регламенти, норми тощо. Сукупність усіх зазначених впливів на навколишнє середовище та врахування сучасних вимог до інформаційного забезпечення системи екоменеджменту вимагають від підприємств харчової промисловості використання оновлених методів управління. Однією зі складових успіху підприємства, необхідних для його успішного функціонування та управління, є використання інформаційних систем, зокрема розробка інформаційної системи екоменеджменту [1].

Мета дослідження: обґрунтування науково-методичних підходів до формування впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємствах харчової промисловості.

Матеріали і методи. Використано комплекс прийомів, принципів і методів наукового дослідження, зокрема: аналіз і синтез — для деталізації об'єкта дослідження та об'єднання окремих елементів у цілісне явище; індукційно-дедукційний — з метою теоретичного поглиблення уявлень про екологічні аспекти діяльності підпри-

ємств харчової промисловості; класифікаційно-аналітичний метод та методичне узагальнення — для з'ясування сутності, завдань і місця екоменеджменту в системі управління харчовими підприємствами; економіко-статистичний аналіз — для з'ясування динаміки впливу підприємств харчової промисловості на навколишнє середо-вище.

Результати досліджень. В Україні понад 22 тис. підприємств спеціалізуються на виробництві харчових продуктів, при цьому існує проблема недостатньої кількості сміттєзвалищ, неефективного поводження та утилізації відходів [2, 7]. Збільшення обсягів виробництва харчових продуктів супроводжується зростанням екологічного навантаження на навколишнє природне середовище внаслідок дії антропогенних, техногенних факторів і ресурсоємності. Водночас саме харчова промисловість є найбільш чутливою до стану навколишнього природного середовища, ефективність її функціонування та якісні характеристики харчових продуктів залежать від якісних характеристик складових природно-ресурсного потенціалу: кліматичні умови і ресурси, земельні, водні, лісові та інші види ресурсів. Розуміння екологічних проблем, які виникають під час виробництва харчових продуктів, дасть змогу запропонувати заходи, які необхідно вжити для зменшення тиску на навколишнє середовище та мінімізації екологічної небезпеки.

Розглянемо навантаження на довкілля, яке виникає внаслідок виробництва харчових продуктів: хліба та хлібобулочних виробів, вина, консервів, пива, молочних продуктів.

При виробництві хлібобулочних виробів основними екологічними небезпеками є: викиди в атмосферу летких органічних сполук. Для хлібопекарських підприємств це етанол, який утворюється в результаті метаболізму дріжджів під час бродіння. Загрозою для атмосфери є пил, який утворюється в процесі зберігання, обробки та сушіння зерна [2, 7]. При виробництві хлібобулочних виробів також утворюються тверді відходи, які не завжди можна утилізувати. До таких відходів відносяться зіпсована сировина, бракована продукція, тара та упаковка, осад стічних вод. Для пакування хлібобулочних виробів використовують папір, поліетилен, пластик, картон. Крім того, для транспортування використовується багаторазова тара, виготовлена з дерева та пластику, яка після закінчення терміну експлуатації потребує утилізації. Стічні води, які утворюються в технологічному процесі виробництва хлібобулочних виробів, мають у своєму складі органічні сполуки, що не дозволяє скидати їх у водойми без попереднього очищення.

Під час виробництва вина екологічна небезпека пов'язана з утворенням значних обсягів стічних вод, до яких відносяться відходи виробництва та вода для миття обладнання й приміщень. Стічні води в цьому випадку містять органічні сполуки, які знижують вміст кисню у водоймах. Крім того, існує загроза потрапляння пестицидів у водойми від первинного миття плодів. Тверді відходи виноробства включають: м'якоть винограду (залишки кісточок і шкірки, що з'являються в результаті пресування ягід), осад на фільтрах (мелений, діатоміт), дистилят. Для збереження якості товарів і надання їм привабливого зовнішнього вигляду використовують скляну, картонну, пластикову тару. Для забезпечення транспортування використовується дерев'яна та пластикова тара, термозбіжна плівка. Викиди в атмосферу при виробництві вина пов'язані з можливістю викидів парникових газів, випаровуванням спирту, використанням холодоагентів [2, 7].

Консервне виробництво характеризується необхідністю використання обладнання для охолодження продуктів на різних етапах технологічного процесу, а холодо-

агентами можуть бути хімічні речовини, що руйнують озоновий шар. Серед них хлорфторвуглеці, гідрохлорфторвуглеці, аміак тощо. Тверді відходи з'являються в результаті використання упаковки. Для консервування використовують скло, алюміній, пластик, картон. При цьому вони займають дуже велику питому вагу в загальній масі відходів. Крім того, до ТПВ відноситься осад мийного обладнання. При виробництві консервів тверді відходи можуть утворюватися також внаслідок появи зіпсованої сировини та продуктів, а також під час очищення обладнання [2, 7].

У виробництві пива використовується велика кількість води: більша частина води використовується в процесі пивоваріння, а решта в процесах охолодження та миття обладнання. Під час технологічного процесу виробництва пива утворюється значний обсяг забруднених стічних вод, у тому числі бракованого продукту та води для миття обладнання. Стічні води містять токсичні речовини, і якщо їх не очищати, вони можуть завдати шкоди навколишньому середовищу через високий вміст органічних речовин. Особливу небезпеку становлять тверді відходи, які можуть містити: органічні речовини, в тому числі дріжджі, відходи процесів фільтрації та освітлення; гідрокарбонат, отриманий при попередній підготовці води; осад очисних споруд; небезпечні відходи, включаючи відпрацьоване масло та розчинники після технічного обслуговування й експлуатації обладнання. Відпрацьовані залишки на дні резервуарів і в трубах, а також відбраковане пиво також утворюють значну кількість органічних відходів. Такі відходи можна використовувати як корм для тварин або для покращення властивостей ґрунту [2, 7]. Для упаковки в пивоварній промисловості використовують скло, алюміній, пластик, картон, поліетилентерефталат і целофанову плівку. Частина упаковки виступає як зворотна тара, решта підлягає утилізації.

При виробництві молочної продукції екологічною небезпекою є: забруднення стічними водами, викиди в атмосферу, тверді побутові відходи.

Забруднення стічних вод відбувається внаслідок: промивання резервуарів, які постачають сировину на підприємства, миття обладнання та приміщень, розливу молока, неправильної утилізації молочної сироватки. Викиди в атмосферу — це продукти згоряння, пил сухого молока, холодильні гази. Тверді промислові відходи утворюються із зіпсованих продуктів, прострочених продуктів, тари та упаковки [2, 7].

Для технологічних потреб, опалювання та вироблення електроенергії підприємств харчової промисловості необхідні джерела тепла, що отримують від роботи котлів. При цьому головним джерелом значних обсягів газопилових викидів у навколишнє природне середовище є котельні агрегати. З труб котельних в атмосферу викидається велика кількість оксидів сірки і азоту, дрібних твердих частинок золи, шлаку, повністю незгорілого палива.

Отже, екологічні аспекти діяльності підприємств харчової промисловості можна розділити на дві групи: прямі та непрямі. До безпосередніх екологічних аспектів діяльності належать: викиди в атмосферу та воду; забруднення ґрунту; локальні проблеми (шум, вібрація, запахи тощо); ризики екологічних аварій, небезпечного впливу на довкілля; транспортування продукції. До опосередкованих екологічних аспектів діяльності належать: екологічна культура постачальників, споживачів, партнерів; питання, пов'язані зі збутом продукції (зберігання, пакування, транспортування, пошук нових ринків); розробка нових продуктів.

Аналітичний огляд сучасних методів зменшення негативного впливу підприємств харчової промисловості на довкілля, досвіду різних країн щодо екологізації підприємств показав, що найбільш ефективним методом управління є реалізація

принципів сталого розвитку, тобто впровадження інформаційної системи екоменеджменту, що базується на вимогах міжнародного стандарту ISO 14001.

Розглянуто основні підходи до розробки та вдосконалення систем екоменеджменту на основі стандартів ISO серії 14000, які встановлюють системний підхід до аналізу та вдосконалення показників екологічної ефективності організації [3].

Стандарти ISO 14000 спрямовані на зменшення негативного впливу організації на навколишнє середовище на трьох рівнях: мікрорівні — через підвищення ефективності екоменеджменту; макрорівні — через підвищення якості екоменеджменту; на міжнародному рівні — через удосконалення міжнародних відносин, що виникають у процесі зовнішньоекономічних зв'язків між підприємствами [4]. Саме в стандартах ISO серії 14000 «екологічний аспект» визначається як елемент діяльності підприємства, його продукції чи послуг, який взаємодіє або може взаємодіяти з навколишнім середовищем. Особливого значення вони набули для підприємств харчової промисловості, оскільки саме для них вимоги до якості продукції, дотримання технологій виробництва, іміджеві оцінки відіграють основну роль у позиціонуванні на внутрішньому (українському) та зовнішньому (європейському) ринках, щоб розширити збут продукції та підвищити рентабельність виробництва.

Основні принципи стандарту ISO 14001 засновані на моделі Демінга — повторювані цикли, спрямовані на постійне вдосконалення система в цілому. Ця модель символізує вимоги до покращення навколишнього середовища та передбачає постійне вдосконалення. Цикл Демінга включає етапи [4]: план — планування; робити — виконання; чек — перевірка; акт — вплив (коригувальна дія). Коригування результатів можна повторювати кілька разів до отримання задовільних результатів, після чого відбувається повна реалізація проєкту (Акт). Аналітичний огляд міжнародного стандарту ISO 14001:2015 [4] засвідчив, що цей стандарт широко використовується підприємствами в усьому світі. Стандарт встановлює основні вимоги до управління навколишнім середовищем і націлює керівників підприємств на прийняття системного підходу до управління навколишнім середовищем з метою сприяння «екологічній складовій» сталого розвитку. ISO 14001:2015, який встановлює вимоги до системи екоменеджменту, є одним із найпоширеніших стандартів у світі та ключовим бізнес-інструментом для багатьох організацій. Цей стандарт займає важливе місце в системі менеджменту багатьох організацій у всьому світі, які надають великого значення своєму впливу на навколишнє середовище.

Тому наразі процедура, окрім встановлення екологічних цілей (планування), має ґрунтуватися не лише на результатах оцінки дотримання харчовим підприємством екологічного законодавства та виявлених суттєвих екологічних аспектів. Впровадження процесного підходу в екоменеджменті передбачає уніфікацію вимог різних розділів стандарту ISO 14001 в єдині процеси на основі принципів (зобов'язань), прийнятих підприємством в екологічній політиці із застосуванням методологія вдосконалення циклу Демінга [5]. Впровадження інформаційної системи екоменеджменту та сертифікації відповідно до ISO 14001:2015 має свої переваги та недоліки. До переваг можна віднести: впровадження інновацій; покращення іміджу харчового підприємства у сфері вимог до охорони навколишнього середовища; зменшення екологічного податку, інших екологічних платежів, уникнення штрафів і платежів; економія енергії, ресурсів і витрат виробництва, впровадження замкненого циклу; зниження витрат на утилізацію відходів; впровадження ресурсозберігаючих технологій; навчання та залучення більш кваліфікованого персоналу; підвищення якості продукції та залучення нових споживачів; покращення відносин із зацікавленими

сторонами; зниження ризику виникнення аварійних ситуацій з активним використанням інформаційних технологій. До недоліків можна віднести: значні капіталовкладення; гнучкість стандартів і добровільність їх впровадження; створення сприятливих умов для «експорту забруднення»; відсутність вимог до якості щодо обсягів викидів, скидів, концентрації забруднюючих речовин тощо.

Аналізуючи редакцію стандарту ISO 14001, необхідно розглянути особливості процедури його впровадження, яка потребує пояснень. Це буде необхідно для всіх підприємств харчової промисловості, які мають сертифіковані системи менеджменту з дня його офіційної публікації. Для цього дається певний час так званого перехідного періоду для впровадження вимог нової редакції стандарту, який на той час було збільшено з півтора до трьох років через велику кількість нововведень. Стандарт ISO 14001:2015 базується на Додатку SL новій структурі високого рівня (HLS), яка забезпечує загальну основу для всіх стандартів системи управління. Основні зміни в стандарті ISO 14001:2015: акцент на лідерство; головна спрямованість на управління ризиками; акцент на вимірюванні та зміні цілей; зв'язок та інформація; менше адміністративних вимог; підвищена увага до перспективи життєвого циклу.

Екоменеджмент, як і будь-який інший, є інформаційним процесом. Сама сутність менеджменту виявляється у формуванні, перетворенні та русі інформації. Інформаційний аспект системи управління охоплює всі її структурні елементи, на всіх етапах ухвалення управлінських рішень. Ключовим аспектом управління є формування управлінського впливу суб'єкта управління на об'єкт управління, який за своєю природою є інформаційним процесом і безпосередньо пов'язаний зі збором та аналізом отриманої інформації, побудовою моделі управління вплив, розрахунок на основі цієї моделі альтернативних варіантів і вибір з них оптимальних за прогнозованими параметрами керуючого впливу. Відповідно, ефективність і якість управління залежать від інформаційного забезпечення системи управління або різних інформаційних систем, що обслуговують процеси прийняття управлінських рішень на підприємстві харчової промисловості.

Інформаційна система екоменеджменту — це новітній еколого-орієнтований вид управління діяльністю харчових підприємств, заснований на використанні інформаційних технологій. На рис. 1 показано цикл розвитку інформаційної системи екоменеджменту в цілому.

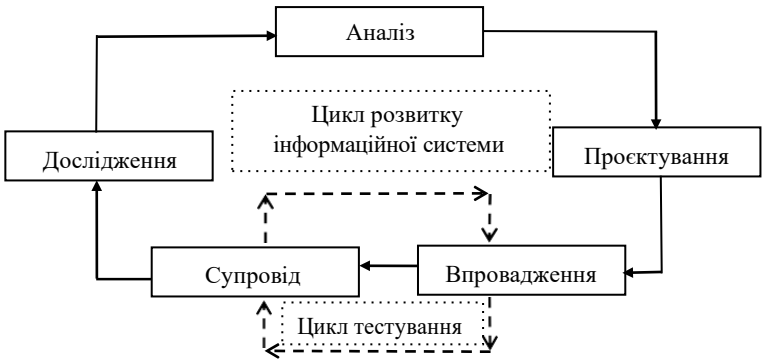


Рис. 1. Цикл розробки інформаційної системи екоменеджменту

Невід'ємною метою є мінімізація впливу виробничих процесів на навколишнє середовище шляхом забезпечення високого рівня екологічної безпеки виробництва

та споживання продукції, що виробляється харчовим підприємством. Його система не створює обмежень для існуючих систем менеджменту, а істотно розширює межі та цілі управлінської діяльності за рахунок охоплення факторів зовнішнього середовища та розподілу інформації при побудові інформаційного забезпечення на харчовому підприємстві. Впровадження нових моделей і принципів інформаційного забезпечення екологічної безпеки на харчовому підприємстві із залученням сучасних інформаційних технологій відіграє визначальну роль в обґрунтованості та своєчасності прийняття управлінських рішень на основі екологічного моніторингу, процесу виявлення екологічних аспектів, підготовки для надзвичайних ситуацій, внутрішнього екологічного аудиту та оцінки системи екоменеджменту, аналізу виробничих ризиків та ефективності заходів щодо їх контролю та зниження.

Слід зазначити, що інформатизація природокористування в Україні з урахуванням сучасних вимог потребує розробки нормативно-правових, методичних, організаційних і технологічних засад. Впровадження інформаційних технологій є одним із основних інноваційних засобів, який забезпечує не лише підвищення рівня екологічної безпеки держави, а й створює основи для формування збалансованого розвитку.

Склад інформаційних систем можна представити у вигляді двох груп: загальні та спеціальні. Загальні інформаційні системи надають інформацію про сам процес прийняття та доведення управлінського рішення до об'єкта управління. Схема розробки та впровадження інформаційної системи екоменеджменту на харчовому підприємстві представлена на рис. 2.

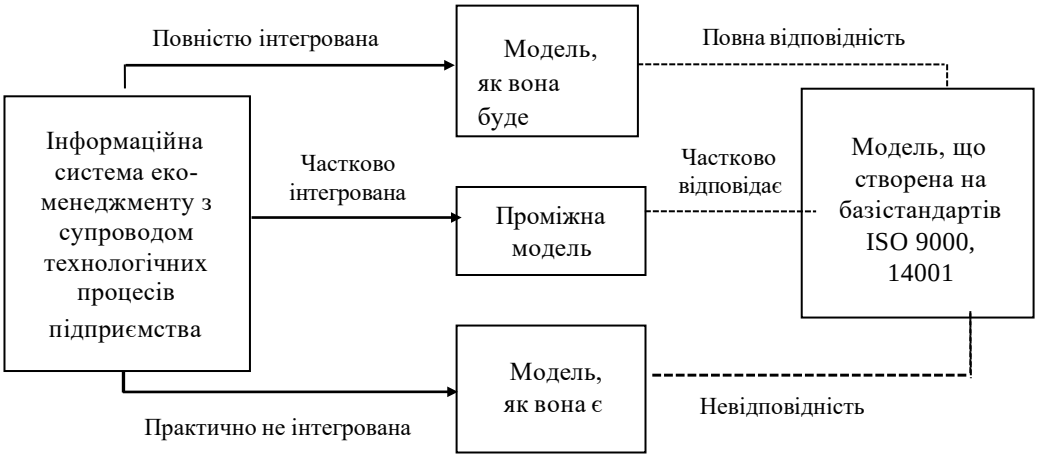


Рис. 2. Система екоменеджменту і супровід виробничих процесів на підприємстві

Розвиток інформаційних систем управління навколишнім середовищем є прерогативою держави, харчової промисловості та одним із напрямів національної політики інформатизації. Саме підвищення ступеня інформаційного забезпечення стає важливим фактором досягнення ефективності управління харчовим підприємством з питань екологічної безпеки.

Однією з проблем впровадження інформаційної системи управління навколишнім середовищем в Україні є відсутність єдиної комплексної системи законодавства про управління навколишнім середовищем. Впровадження інформаційної системи екоменеджменту, окрім безумовних переваг, накладає на харчове підприємство до-

даткові зобов'язання, пов'язані з підвищенням рівня контролю за екологічним и показниками його господарської діяльності.

На сьогодні на переважній більшості харчових підприємств інформаційна система екоменеджменту не впроваджена. Але усвідомлення його необхідності вже знайшло своє відображення в розробці програмних продуктів на основі інформаційних систем для зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище та підвищення рівня екологічної безпеки виробничих процесів і поліпшення умов праці. Екоменеджмент базується на екологічній політиці організації і передбачає поетапний підхід [3].

Одним із найважливіших етапів впровадження інформаційної системи управління навколишнім середовищем на харчовому підприємстві є дослідження екологіч - них аспектів його діяльності та на їх основі схема стратегічних напрямків діяльності. Тому реструктуризація системи управління підприємством передбачає загострення уваги на всіх екологічних і пов'язаних з нею аспектах діяльності харчового підприємства, виявлення всіх небезпек і можливостей для реалізації цього плану, перегляд всієї корпоративної екологічної політики та встановлення нових екологіч - них цілей на кожному етапі її реалізації. Таким чином, враховуючи підходи, викладені в [6], цілями для підприємства харчової промисловості повинні бути: при плануванні екологічної діяльності — окреслення екологічних пріоритетів підприємства харчової промисловості, цілі, критерії оцінки результатів, залучення зацікавлених сторін до планування екологічної діяльності; у формуванні екополітики — усвідомлення екологічних проблем, розробка робочого варіанта екологічної політики та інформування про це персоналу та зацікавлених осіб; в управлінні персоналом — мотивація персоналу, забезпечення професійної екологічної підготовки спеціалістів, які відповідатимуть за діяльність підприємства харчової промисловості у сфері екоменеджменту; в рамках контролю за результатами природоохоронної діяльності — проведення внутрішніх екологічних аудитів системи управління, розробка відповідної звітності, коригування відхилень, удосконалення практичної реалізації природоохоронної діяльності.

План впровадження інформаційної системи екоменеджменту підприємства харчової промисловості повинен чітко відображати виробничі та організаційні особливості харчового підприємства, описувати потреби та очікування всіх зацікавлених сторін, вимоги до нової інформаційної системи екоменеджменту, необхідні ресурси, які необхідно залучити, а також визначити відповідальних осіб та встановити конкретні терміни

Схема, представлена на рис. 3 передбачає низку конкретних послідовних кроків, реалізація яких забезпечить перелічені переваги виробничої діяльності харчового підприємства: усвідомлення необхідності переходу на інформаційну систему екомене - джменту та прийняття відповідного рішення; керівництвом щодо розробки та впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємстві; формування робочої групи з розробки інформаційної системи екологічного менеджменту на підприємстві; комплексна екологічна оцінка існуючої на підприємстві системи екологічної безпеки; організація навчання спеціалістів, посадових осіб у сфері засвоєння положень групи міжнародних стандартів ISO 14001 та роботи з інформаційною системою екоменеджменту; розробка плану впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємстві; впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємстві харчової промисловості.

Конкретизація таких завдань можлива за умови докорінного перегляду від пові-

дальності та повноважень виробничого персоналу та посадових осіб, використання сучасних, у тому числі інформаційно-аналітичних методів і засобів, оперативного екологічного контролю, формування системи екологічних показників діяльності підприємства харчової промисловості, створення ефективної системи коригування дій.

Рис. 3. Послідовність впровадження інформаційної системи екоменеджменту на підприємстві харчової промисловості

Висновки. На сучасному етапі розвитку підприємств харчової промисловості України спостерігається зростання екологічної небезпеки. На підприємствах харчової промисловості впроваджені безвідходні та маловідходні технології, але, на жаль, вони мають низький рівень очищення стічних вод і викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Перед керівниками підприємств харчової промисловості постає завдання випуску якісних, екологічно безпечних харчових продуктів, виготовлення яких відбувається з мінімальним впливом на довкілля.

Впровадження інформаційної системи управління навколишнім середовищем допоможе підприємствам харчової промисловості системно підходити до вирішення екологічних проблем, оскільки дасть змогу знизити витрати, підвищити продуктивність праці, зменшити кількість аварій, відбракованої продукції, підвищити якість продуктів харчування, розширити ринки збуту тощо. Незважаючи на основні пере-

ваги, які отримує харчове підприємство від впровадження інформаційної системи екоменеджменту на основі вимог міжнародного стандарту ISO 14001, є й певні недоліки, зокрема великий обсяг капіталовкладень, відсутність вимог до якості за обсягом викидів, концентрацією речовин тощо.

Отримані результати можуть бути використані при створенні інформаційного забезпечення системи екоменеджменту на підприємствах харчової промисловості в частині розробки систем управління та контролю екологічної безпеки, зокрема з використанням інформаційних систем підтримки та прийняття рішень в галузі екології та екоменеджменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Євтушенко, О. В., Сірик, А. О. Обґрунтування розробки інформаційної системи екологічно- го менеджменту на підприємствах харчової промисловості на основі реалізації принципів сталого розвитку // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: зб. наук. праць. Переяслав, 2022. Вип. 87. С. 12—15.

2. Мостенська, Т. Г. Екологічні загрози при виробництві харчових продуктів. Інтелект XXI,2015. № 3. С. 93—99

3. Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти: посібник / С. В. Берзіна та ін. К: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 134 с.

4. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015) ДСТУ ISO 14001:2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 29 с.

5. Кожушко, Л. Ф., Скрипчук, П. М. *Екологічний менеджмент*: підручник. К.: ВЦ «Академія», 2007. 432 с.

6. Годлевська, М. М. Перспективи впровадження системи екологічного менеджменту на українських підприємствах // International scientific e-journal ΛΌГOΣ. ONLINE, December, 2019. № 4. URL: https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.04.11.html.

7. Левандовський, Л. В., Бублієнко, Н. О., Семенова, О. І. *Природоохоронні технології та обладнання*: підручник. К.:НУХТ, 2013. 243с.

УДК 664

DETERMINATION OF IDENTIFICATION CRITERIA FOR ASSESSMENT OF QUALITY INDICATORS OF DECORATIVE SEMI-FINISHED PRODUCTS USING CAROB POWDER

A. Bozhko, S. Usatiuk
National University of Food Technologies

Key words:
Decorative semi-finished product,
Identification criteria,
Confectionery,
Fondant,
Carob powder

Article history:
Received 04.09.2023
Received in revised form 09.10.2023
Accepted 11.10.2023

Corresponding author:
anastasiiabozhko.26@gmail.com

ABSTRACT

In Ukraine, the issue of identification and falsification of food products is relevant, which affects the information awareness of consumers and the safety of food consumption. The article presents the results of determining the identification criteria for decorative semi-finished products using carob powder.

The article analyzes the prospects of increasing the nutritional value of decorative semi-finished products with additional vitamins, dietary fibers, organic acids and mineral substances contained in non-traditional plant raw materials. Identification is used to detect falsification of food products and semi-finished products. In order to establish the characteristics of a certain food product or semi-finished product, which make it possible to identify it to the appropriate group, it is necessary to develop identification criteria.

Carob powder was used to develop a decorating fudge that has a 39.7% lower energy value than a fudge with cocoa powder. A score scale was developed to assess the quality of decorating fondants used for glazing flour confectionery. The study of decorating fondants with cocoa powder and with carob powder was carried out according to organoleptic indicators by an expert method. The group of tasters determined weighting factors according to the priority of quality indicators and calculated a comprehensive quality indicator.

Graphical profiles were built to visualize organoleptic characteristics, such as appearance, color, taste and smell, consistency. The finishing fondant with carob powder is characterized by a positive overall impression, a more pronounced color, a harmonious and less sweet taste compared to the fondant with cocoa powder.

The criteria for identification of decorative semi-finished products using carob powder are determined: appearance, color, taste, smell, consistency.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-8

© А. Ю. Божко, С. І. Усатюк, 2023

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОРОШКУ КЕРОБУ

А. Ю. Божко,
С. І. Усатюк, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

В Україні актуальним є питання ідентифікації та фальсифікації харчової продукції, що впливає на інформаційну обізнаність споживачів і безпечність споживан - ня харчових продуктів. У статті наведено результати визначення критеріїв ідентифікації оздоблювальних напівфабрикатів з використанням порошку керобу. Проаналізовано перспективність підвищення харчової цінності оздоблювальних напівфабрикатів додатковими вітамінами, харчовими волокнами, органічними кислотами та мінеральними речовинами, що містяться в нетрадиційній рослинній сировині.

Ключові слова: *оздоблювальний напівфабрикат, критерії ідентифікації, кондитерські вироби, помадка, порошок керобу.*

Постановка проблеми. В умовах постійної конкуренції оператори ринку, бажаючи отримати більший прибуток за вироблений харчовий продукт, вдаються не тільки до покращення його якості, а й до фальсифікації з метою введення в оману споживачів. Ідентифікація відіграє важливе значення під час виявлення фальсифікації та допомагає встановити приналежність харчових продуктів відповідним групам.

Згідно із Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини», ідентифікація — це процедура підтвердження відповідності органолептичних, фізичних, біологічних та хімічних параметрів і властивостей, які є специфічними для певного виду харчового продукту, тим параметрам і властивостям, які зазначаються при етикетуванні цього харчового продукту.

Основною метою ідентифікації харчових продуктів є захист споживачів від можливості придбання неякісних продуктів, захист від недобросовісного оператора ринку, забезпечення безпечності харчових продуктів для здоров'я та життя споживача.

Критерії ідентифікації — це характеристики певного харчового продукту, які дають змогу встановити його відповідність інформації, зазначеній на етикетці, у товаросупровідних і нормативних документах, а також приналежності до групи однорідних товарів [1].

Критерії можуть бути загальні (характерні для всіх харчових продуктів, такі як: найменування, маса, виробник, функціональне призначення, об'єм, маркування тощо) та специфічні (характерні для певного харчового продукту чи сировини).

Критерії повинні бути об'єктивними і незалежними від суб'єктивних даних експерта. До засобів ідентифікації продукції відносяться: товарно-супровідні документи, маркування, нормативні документи та інші засоби інформації.

Основні методи ідентифікації харчових продуктів:

- аналітичні (методи визначення відповідності продукції за визначеними показниками вимогам, що наведені в технічній, нормативній і товаросупровідній документації);
- органолептичні (методи визначення значень показників відповідності товару за

встановленими критеріями на основі аналізу сприйняття органів чуттів людини);

- експрес-методи (методи, що дають інформацію про показники якості товару в короткий проміжок часу);
- експертні (методи, що ґрунтуються на визначенні показників за встановленими критеріями групою експертів та здійснюються на основі рішення, прийнятого експертами);
- фізико-хімічні (методи, що використовуються для встановлення дійсних значень властивостей товарів за визначеними показниками) [2].

Ідентифікація є інструментом визначення фальсифікації. Завдяки ідентифікації товарів щодо їх асортиментної приналежності та походження, а також кількісним вимірюванням усієї товарної партії (перерахунком, переважуванням тощо) можна виявити фальсифіковані маркування й упаковку, а також різноманітні документи, насамперед накладні та сертифікати.

Критеріями ідентифікації кондитерських виробів можуть бути: показники якості сировини, особливості технологічних процесів (температура, час, тиск, швидкість збивання або замішування тіста), органолептичні та фізико-хімічні показники готових виробів, асортиментна притаманність, рекомендації щодо споживання, відповідність товаро-супровідним документам [3].

Огляд останніх досліджень і публікацій. Ринок кондитерських виробів в Україні досить розвинений, найбільшу частку становить попит на борошняні кондитерські вироби. Деякі види борошняних кондитерських виробів піддаються оздобленню: глазурування шоколадною глазур'ю або помадкою різного виду, склеювання начинкою, обсипання подрібненими горіхами, цукровою пудрою або кристалічним цукром. До кондитерських виробів, що підлягають оздобленню, відносять торти, тістечка, пряники, печиво, еклери, кекси, а затяжне та пісочне печиво, вафлі — оздобленню не піддаються.

Оздоблювальні напівфабрикати у своєму складі містять велику кількість цукру (до 83%), тому з метою зменшення їх калорійності, актуальним напрямком є зниження його кількості в продуктах та надання їм функціональних властивостей, наприклад, використання в рецептурному складі нетрадиційної рослинної сировини.

Як нетрадиційна рослинна сировина використовується: лимонна трава, матча, порошок хурми, морські водорості, порошок керобу, нут, кіноа, мікрогрін, м'ята перцева, кмин чорний, насіння чіа, тапіока, портулак, які з'явилася на ринку України впродовж останнього десятиліття.

Для надання харчовим продуктам приємного аромату також використовують натуральну рослинну сировину, таку як листя меліси, малини, суниці, смородини, цвіт гарбуза, листя волоського горіха, пагонів чорниці, квітів липи та бузини, цвіту та листя чебрецю, календули, калини, що містить ароматичні речовини [4, 5].

Для збагачення кондитерських виробів додатковими вітамінами, харчовим и волокнами, органічними кислотами та мінеральними речовинами, що містяться в нетрадиційній рослинній сировині, використовують сучасні технології отримання екстрактів, відварів, порошків, паст.

Порошок керобу використовують у виробництві кондитерських виробів як замінник какао, цукру, волого- та жироутримувач, антиоксидант. У складі порошку керобу містяться вітаміни групи В, РР, Е, С, А, Д, мінеральні речовини, харчові волокна та відсутні алергени, кофеїн, теобромін, фенілетиламін [6].

Науковці [7] під час дослідження заміни какао-порошку на порошок керобу при виробництві молочного й темного шоколаду розробили п'ять зразків шоколаду, що містили таку кількість порошку керобу — 20, 40, 60, 80 і 100%. Розроблені зразки шоколаду порівнювали з контрольним зразком. У результаті досліджень встановле-

но, що рецептури шоколаду з меншим вмістом порошку керобу показали кращу якість з точки зору параметрів кольору, середнього розміру частинок і твердості (значення, близькі до контрольних). Додавання порошку керобу призвело до зниження температури плавлення темного шоколаду. Результати довели доцільність використання порошку керобу для заміни какао-порошку у виробництві шоколаду з метою покращення харчової цінності (збільшення клітковини та зменшення калорійності).

При порівнянні реологічних і сенсорних властивостей глазурі з какао-порошком і порошком керобу [8] методом Оствальда-де-Вейля було встановлено, що глазурі мають однакові реологічні властивості. Проведена сенсорна оцінка зовнішнього вигляду, кольору, аромату, смаку, консистенції, солодкості, присмаку та загального сприйняття. Отриману глазур можна використовувати як масу для глазурування різноманітного печива, такого як кекси, тістечка, круасани тощо.

Отже, використання порошку керобу є актуальним у виробництві кондитерських виробів, тому напрямок дослідження та визначення критеріїв ідентифікації кондитерських виробів, під час виробництва яких використовується порошок керобу, є перспективним.

Мета дослідження полягає у визначенні критеріїв ідентифікації для оцінювання показників якості оздоблювального напівфабрикату — помадки з порошком керобу, що використовуються для глазурування борошняних кондитерських виробів.

Матеріали і методи. Сировина для досліджень за показниками якості та безпечності відповідала вимогам чинної нормативної документації: цукор білий кристалічний — ДСТУ 4623:2006; патока крохмальна — ДСТУ 4498:2005; порошок керобу темного ступеня обсмажування згідно із сертифікатом відповідності (фірми «ТУК ЗЕМЛІ», країна походження — Кіпр); кориця — ТУ У 10.8-32940344-004:2012; ванільна есенція — ДСТУ 4716:2007; вода питна — ДСТУ 7525:2014.

В отриманій помадці [9] визначали органолептичні показники: зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенцію. Для визначення коефіцієнтів вагомості та комплексного показника якості оздоблювальної помадки використовували експертний метод — математико-статистичний метод обробки експертних оцінок [10].

Коефіцієнт вагомості органолептичних показників харчових продуктів M_i, визначають за формулою:

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^{r} a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{r} a_{ij}}, \qquad (1)$$

де a_{ij} — ранг і-го показника j-го дегустатора; n — кількість показника якості; r — кількість дегустаторів.

Середню оцінку дегустаторів за кожним одиничним показником розраховують за формулою:

$$\overline{x_i} = \frac{\sum_{i=1}^{\bar{n}} x_i}{n}, \qquad (2)$$

де $\sum x_i$ — середньоарифметичне значення оцінок при дегустації; n — кількість дегустаторів.

Комплексний показник якості Q_i кондитерських виробів, розраховують за формулою:

$$Q_i = \sum_{i=1}^{m} \overline{x_i} \cdot M_i \ , \qquad (3)$$

де $\sum \bar{x}_i$ – середня оцінка показника при дегустації; M_i– коефіцієнт вагомості.

Для якісної оцінки сукупності органолептичних властивостей оздоблювальної помадки використовували профільно-дескрипторний метод [8].

Результати і обговорення. Оздоблювальну помадку з порошком керобу для глазурування борошняних кондитерських виробів отримували за способом, що включає підготовку сировини, уварювання цукрового сиропу до досягнення його температури 108 °С, додавання до отриманого сиропу підігрітої до 40...50 °С крохмальної патоки та уварювання до температури 115...117 °С, а наприкінці уварювання вводиться добавка з подальшим перемішуванням до однорідної маси й охолодженням отриманої помадки до температури 50...55 °С з подальшим глазуруванням кондитерських виробів. Як добавку використовують порошок керобу, корицю та ванільну есенцію у співвідношенні (6:1:0,5)...(8:1:0,5). Вибір компонентів помадки сприяє підвищенню харчової та біологічної цінності, забезпеченню високих органолептичних показників [7].

Порошок керобу містить загальну кількість цукру 48...56% (сахароза — 32...38%; глюкоза — 5...6%; фруктоза — 5...7%), що зумовлює його солодкість та дає змогу зменшити кількість цукру в рецептурі на 30% без впливу на смак.

Результати досліджень органолептичних показників оздоблювальної помадки з порошком керобу та з какао-порошком наведено у табл. 1.

Таблиця 1. **Органолептичні показники оздоблювальної помадки**

Показник	З какао-порошком	З порошком керобу
Зовнішній вигляд	Матова поверхня	Матова поверхня
Колір	Коричневий	Темно-коричневий
Смак	Приємний	Приємний зі смаком кориці
Запах	Приємний	Приємний з ароматом ванілі
Консистенція	Однорідна	Однорідна, пластична

Харчову та енергетичну цінність розраховували та порівнювали із значеннями помадки з какао-порошком, результати наведено в табл. 2.

Таблиця 2. **Харчова та енергетична цінність помадок на 100 г**

Сировина	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, кКал
Цукор	0	0	77,8	311,6
Патока крохмальна	0	0	8,8	35,2
Какао-порошок	10,62	0,38	5,2	66,7
Есенція	0	0	0,33	1,32
Помадка з какао-порошком	***10,62***	***0,38***	***92,13***	***414,4***
Цукор	0	0	49,5	198,0
Патока крохмальна	0	0	7,0	28,0
Порошок керобу	0,32	0,021	4,5	19,5
Кориця	0,04	0,012	0,81	3,6
Ванільна есенція	0	0	0,2	0,8
Помадка з порошком керобу	***0,36***	***0,033***	***62,01***	***249,8***

Енергетична цінність помадки з какао-порошком становить 414,4 ккал на 100 г, отже, розроблена помадка з порошком керобу має на 39,7% нижчу енергетичну цінність та характеризується привабливими органолептичними показниками.

Оскільки, органолептичні показники є невимірними, при експертній оцінці використовують систему балової оцінки харчових продуктів із розробленням балової шкали. Зручною та найбільш перспективною є п'ятибальна шкала з градацією за п'ятьма рівнями якості.

У табл. 3. наведено розроблену балову оцінку оздоблювальної помадки, що використовується для глазурування борошняних кондитерських виробів.

Таблиця 3. **Балова оцінка оздоблювальної помадки**

Показник	Бали	Характеристика
Зовнішній вигляд	5	Матова, гладка поверхня
	4	Гладка поверхня
	3	Гладка, із незначною зморшкуватістю поверхня
	2	Зморшкувата поверхня
	1	Шорстка поверхня
Колір	5	Рівномірний, темно-коричневий
	4	Менш виражений, коричневий
	3	Слабо виражений
	2	Неоднорідний
	1	Невідповідний даному виду
Смак і запах	5	Приємний, без стороннього запаху і присмаку
	4	Менш виражений, характерний для даного виду
	3	Слабко виражений, характерний
	2	Зі стороннім присмаком і запахом
	1	Не властивий, сторонній
Консистенція	5	Однорідна, пластична
	4	Однорідна
	3	Не пластична
	2	Неоднорідна
	1	Неоднорідна, не відповідає даному виду

Дослідження органолептичних показників оздоблювальної помадки проводилося групою дегустаторів у кількості 5 осіб на кафедрі експертизи харчових продуктів Навчально-наукового інституту харчових технологій. Для оцінки обрано два зразки оздоблювальної помадки:

1 — оздоблювальна з какао-порошком;

2 — оздоблювальна з порошком керобу.

Визначено коефіцієнти вагомості органолептичних показників оздоблювальних помадок і проведено розрахунок балової оцінки з урахуванням коефіцієнтів вагомості, результати яких наведено у табл. 4.

Таблиця 4. **Коефіцієнти вагомості для органолептичних показників**

Дегустатори	Коефіцієнти вагомості показників				
	Зовнішній вигляд	Колір	Смак і запах	Консистенція	Σ коеф. вагомості
	a_{1j}	a_{2j}	a_{3j}	a_{4j}	
1	4	3	5	2	14
2	5	2	4	3	14
3	4	3	5	1	13

Продовження таблиці 4

4	5	1	4	2	12
5	2	3	5	4	14
Сума значень коефіцієнтів вагомості за кожним показником, $\sum a_{ij}$	20	12	23	12	67
Усереднені значення КВ, M_i	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0

У табл. 5. наведено розрахунок середньоарифметичного значення оцінок дегустаторів по кожному зразку.

Результати розрахунку середньої оцінки експертів за кожним одиничним показником (за формулою 2) та розрахунку комплексного показника якості оздоблювальних помадок (за формулою 3) наведено в табл. 6.

Таблиця 5. **Розрахунок середньоарифметичного значення оцінок при дегустації**

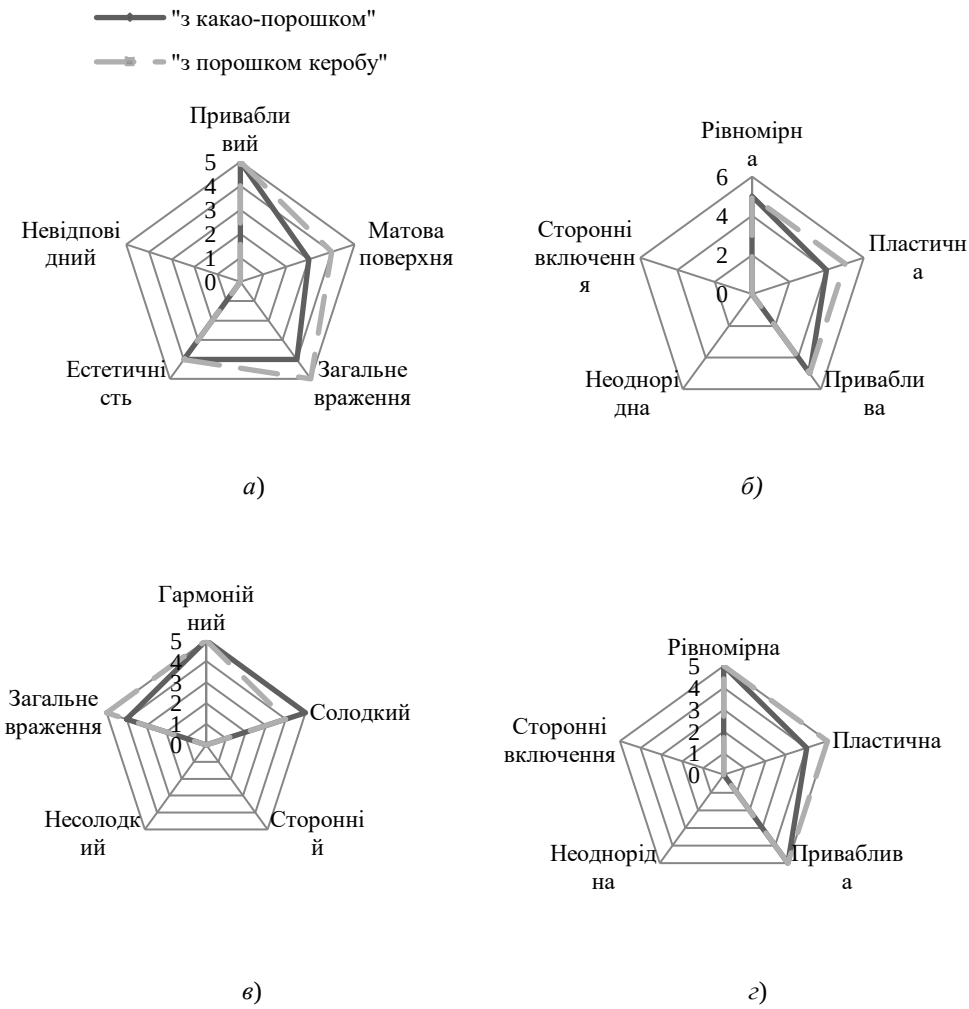
Дегустатор	Вибір	Балові оцінки дегустаторів за одиничними показниками Xi				$\sum X$
		Зовнішній вигляд, X_1	Колір, X_2	Смак і запах, X_3	Консистенція, X_4	
1	Помадка з какао-порошком	5	4	5	4	18
	Помадка з порошком керобу	4	5	4	3	16
2	Помадка з какао-порошком	4	5	4	5	18
	Помадка з порошком керобу	5	3	5	4	17
3	Помадка з какао-порошком	4	3	4	3	14
	Помадка з порошком керобу	5	5	5	5	20
4	Помадка з какао-порошком	3	4	3	3	13
	Помадка з порошком керобу	4	5	5	3	17
5	Помадка з какао-порошком	5	3	5	4	17
	Помадка з порошком керобу	4	5	5	3	17
M_i		0,3	0,2	0,3	0,2	1,0
$\bar{x}_i$	Помадка з какао-порошком	4,2	3,8	4,2	3,8	із 5
	Помадка з порошком керобу	4,4	4,6	4,8	3,6	

Таблиця 6. **Комплексна оцінка якості помадок за п'ятибаловою шкалою**

Показники vякості	Виріб	Коефіцієнти вагомості	Середній оціночний бал	Комплексний показник якості, бали
Зовнішній вигляд	Помадка з какао-порошком	0,3	4,2	4,04
Колір		0,2	3,8	
Смак і запах		0,3	4,2	
Консистенція		0,2	3,8	
Зовнішній вигляд	Помадка з порошком керобу	0,3	4,4	4,40
Колір		0,2	4,6	
Смак і запах		0,3	4,8	
Консистенція		0,2	3,6	

Групою дегустаторів було визначено коефіцієнти вагомості за пріоритетністю показників якості та розраховано комплексний показник якості. У результаті досліджень, представлених у табл. 6, встановлено, що помадка з какао-порошком має відхилення від 5-бальної шкали на 0,96 бала, а помадка з порошком керобу — на 0,6 бала.

Для візуалізації органолептичних характеристик оздоблювальних помадок за результатами досліджень було побудовано графічні профілі, наведено на рисунку.



Профілі помадок з какао-порошком та з порошком керобу: *а*) зовнішнього вигляду; *б*) кольору; *в*) смаку та запаху; *г*) консистенції

Як видно з рисунку досліджувані зразки оздоблювальних помадок характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, однорідною консистенцією, гармонійним смаком і запахом. Оздоблювальна помадка з порошком керобу характеризується позитивним загальним враженням, більш вираженим кольором, гармонійним і менш солодким смаком порівняно з помадкою з какао-порошком.

Критеріями ідентифікації оздоблювальних напівфабрикатів для глазурування борошняних кондитерських виробів є достовірність органолептичних показників: зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція.

Висновки. Ідентифікація є основою для запобігання фальсифікування харчових продуктів, тому при розробленні нового продукту чи напівфабрикату необхідно визначати конкретні критерії ідентифікації.

Для збагачення харчової цінності (вітамінами А, С, РР, Е, Д, групи В, мінеральними речовинами та харчовими волокнами) та зменшення цукру (на 29%) у рецептурному складі оздоблювальної помадки обрано нетрадиційну рослинну сировину — порошок керобу. Додавання порошку керобу до оздоблювальної помадки не порушує технологічний процес глазурування борошняних кондитерських виробів і не впливає на основні споживчі властивості готового виробу.

Проведено органолептичну оцінку оздоблювальних помадок з какао-порошком і порошком керобу. Встановлено, що помадка з какао-порошком має відхилення від 5-бальної оцінювальної шкали на 0,96 бала, а помадка з порошком керобу — лише на 0,6 бала та характеризується чудовими смаковими властивостями.

Запропоновано критерії ідентифікації для оздоблювальних напівфабрикатів з використанням порошку керобу: зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник, Т. Ю. Сутність та основні товарознавчі аспекти ідентифікації товарів. *Підприємницька модель економіки та управління розвитком підприємства*: тези II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Житомир, 6—8 листопада 2019 р. Житомир, 2019. С. 269—273.

2. Данько, Т. І., Яворська, Н. П. Ідентифікація товарів: сутність та основні товарознавчі аспекти. *Економіка і суспільство*. 2017. №9. С. 391—395.

3. Bozhko, A., Usatiuk, S. Criteria foridentification of confectionery products. *Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution:* book of abstract 89 International scientific conference of young scientist and students, Kyiv, April, 3—7, 2023. NUFT, Kyiv, 2023. Part 3, P. 458.

4. Бишовець, Л. Г., Оліферчук, О. Г. Нетрадиційна сировина для інноваційнихтехнологій продуктів харчування з оздоровчими властивостями. *СГНТМ«Новийкурс»*, Харків. 2021. С. 145—150.

5. Прибильський, В. Л., Мельник, І. В., Омельчук, С. В. Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях ферментованих напоїв. *Харчова наука і технологія.* 2014. № 3 (28). С. 47—51.

6. Божко, А. Ю., Усатюк, С. І. Використання порошку керобу у виробництві борошняних кондитерських виробів. *Актуальні питання харчової промисловості та перспективи розвитку галузі:* матеріали II Всеукраїнської студентської інтернет-конференції, Херсон, 6 травня 2021 р.
ХДАЕУ, 2021. С. 22—26.

7. Akdeniz, E., Yakışık, E., Pirouzian,H. R., Akkın, S., Turan, B., Tipigil, E., Toker, O. S., & Ozcan O. Carob powder as cocoa substitute in milk and dark compound chocolate formulation. *Journal of Food Science and Technology*. 2021, Vol. 58. P. 4558—4566. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04943-z.

8. Stankov,S., Dzhivoderova-Zarcheva, M., Dimitrova,E., Damyanova-Bakardzhieva, M.,Fidan, H. Rheological and sensory properties of glazes prepared with carob and cocoa powders. *Food Processing and Preservation*. 2020, Vol. 44, Issue 3. P. 16—25. https://doi.org/10.1111/jfpp.14580.

9. Спосіб виробництва оздоблювальної помадки з порошком керобу для глазурування борошняних кондитерських виробів: патент 149292 Україна; МПК A23G 3/00, № u202102539, заявл 14.05.2021р. опубл. 03.11.2021, бюл. №44/2021. 4 с.

10. Дубініна, А. А., Щербакова, Т. В., Черевична, Н. І. *Сенсорний аналіз* : навч. посібник у структурно-логічних схемах. Харків: ХДУХТ, 2017. 110 с.

УДК 664.66

DETERMINATION OF THE GAS PERMEABILITY OF BATON CRUSH AND CRUMB DURING VACUUM COOLING

O. Kozak, V. Telychkun
National University of Food Technologies

Key words:
Bread,
Pressure,
Vacuum cooling,
Permeability

Article history:
Received 24.10.2023
Received in revised form 09.12.2023
Accepted 11.12.2023

Corresponding author:
oleksandrkozak2@gmail.com

ABSTRACT

Bread cooling is conducted to ensure the necessary structural and mechanical properties of the bread, which are essential for the cutting and packaging processes. Mechanical impact on fres hly baked hot bread leads to its deformation, loss of shape, structure, and porosity. There are three methods of bread cooling: natural cooling (convective), using conditioned air, and vacuumcooling. Vacuum cooling is the fastest and most effective method of cooling freshly baked bread, allowing the cooling time to be reduced from several hours to minutes. However, there are certain complexities in implementing this method in continuous production, which require further research.

We conducted a study of the vacuum cooling process for high-grade wheat bread weighing 0.5 kg on an experimental laboratory setup that we created. To determine the gas permeability of the bread crust and crumb, we established an experimental laboratory stand.

During the research, it was determined that the quality of the final products depends on the mode of vacuumcooling, which is significantly influenced by the permeability of the bread crust and the surface area of the product. When the pressure in the vacuum chamber decreases too rapidly during the bread cooling process, the steamformed in the bread does not have enough time to pas s through the bread crust, leading to its destruction (separation of the lower crust from the crumb). The total surface area of the bread was calculated (0.091 m^2), and it was found that the central part of the upper crust has a lower steam permeability (0.32 $m^3/(m^2 \cdot s)$) formed during the vacuum process than the crust of the side surface of the bread (0.37 $m^3/(m^2 \cdot s)$). The steampermeability of the lower crust is 0.42 $m^3/(m^2 \cdot s)$. Visually, it can be observed that the gas permeability of the bread crust correlates with the intensity of its browning — the darker the crust, the lower the steam permeability. The gas permeability of the crumb is significantly higher than that of the crust and has little effect on the quality of the bread during vacuum cooling. The research results were used in the development and adjustment of vacuum cooling equipment.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-9

© О. С. Козак, В. І. Теличкун, 2023

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОВОЇ ПРОНИКНОСТІ СКОРИНКИ ТА М'ЯКУШКИ БАТОНА В ПРОЦЕСІ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

О. С. Козак,
В. І. Теличкун, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати визначення газової проникності скоринки і м'якушки батона на розроблених експериментальних установках вакуумного охолодження та газової проникності.
Визначено, що якісні показники охолодженого батона залежать від режиму вакуумного охолодження, на який впливає пропускна здатність скоринки та величина поверхні батона. Центральна частина верхньої скоринки батона має нижчу пропускну здатність 0,32 (м³/(м²·с),) ніж бічна поверхня скоринки 0,37 (м³/(м²·с)) та нижня скоринка 0,42 (м³/(м²·с)). Результати використано при розробці конструкції вакуумного апарата.

Ключові слова: *батон, тиск, вакуумне охолодження, пропускна здатність.*

Постановка проблеми. Охолодження хлібобулочних виробів проводять для забезпечення таких структурно-механічних властивостей, які дають змогу проводити процеси нарізання та пакування, оскільки механічний вплив на щойно випечені гарячі хлібобулочні вироби приводить до їх зминання, втрати форми, структури та пористості [1, 11, 13].

Існує три способи охолодження хлібобулочних виробів (природний спосіб (конвективний), за допомогою конденціонованого повітря)), які використовуються на виробництві та вакуумний спосіб охолодження [4, 13].

Основними недоліками способів охолодження, що застосовуються на виробництві є [14]:

- значна тривалість процесу;
- великі габарити та маса обладнання для охолодження хлібобулочних виробів;
- складна система транспортерів;
- вимоги до умов робочого повітря;
- нерівномірність охолодження;
- бактеріальна забрудненість виробів.

Використання наявного обладнання для охолодження готової продукції не дає змоги значно скоротити тривалість процесу охолодження, тому постає питання створення обладнання для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів в умовах потокового виробництва, що скоротить процес охолодження з декількох годин до хвилин.

Вакуумне охолодження хлібобулочних виробів відбувається за рахунок відбору тепла [11] внаслідок адіабатного кипіння вологи, що міститься в середині [6, 9, 10].

До переваг вакуумного способу охолодження можна віднести:

- збільшення об'єму виробу;
- збільшення терміну зберігання;
- покращення структурно-механічних властивостей виробу.

До недоліків можна віднести [1; 5]:

- більший відсоток усихання;

- затвердіння скоринки.

Упродовж тривалого проміжку часу проводяться дослідження процесу вакуумного способу охолодження хлібобулочних виробів, як іноземними: Primo- C. Martín, Zhiwei Zhu, Zhijun Zhang [6, 10, 11], так і вітчизняними науковцями: (А. А. Литвинчук, О. В. Комарова), зокрема, і співробітниками НУХТ [14]. Але впровадження вакуумного охолодження в умовах потокового виробництва потребує удосконалення як теорії [1, 4], так і параметрів процесу [6, 9, 10]. Наприклад, інтенсивне зниження тиску викликає градієнт тиску між парою в батоні та навколишнім середовищем, що супроводжується руйнуванням батона [5, 14]. Основною причиною руйнування є пара, яка утворюється та не встигає проходити через скоринку [5].

Мета дослідження: визначення газової проникності скоринки та м'якушки батона з метою обґрунтування режимних параметрів проведення вакуумного охолодження батона з пшеничного борошна вищого ґатунку масою 0,5 кг.

Матеріали і методи. Досліджували охолодження батона з пшеничного борошна вищого гатунку масою 0,5 кг. Для проведення досліджень процесу вакуумного охолодження створено експериментальну установку (рис. 1).

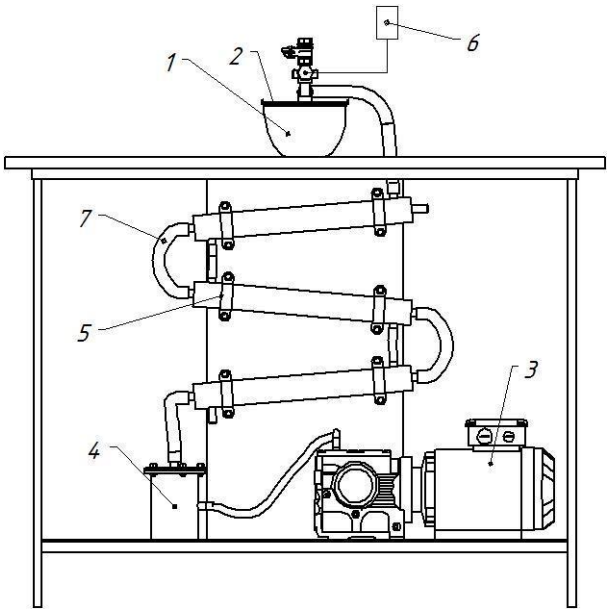


Рис. 1. Вакуумна експериментальна установка:
1 — вакуум-камера; 2 — кришка вакуум-камери; 3 — вакуумний насос;
4 — конденсатозбірник; 5 — конденсатор; 6 — манометр; 7 — трубопровід

Щойно випечений батон (98—100 °С), після замірів ваги, температури в центрі та геометричних розмірів, поміщається до вакуум-камери 1, яка накривається кришкою 2, після цього вмикається вакуум-насос 3 [1, 4, 5]. За допомогою відеозйомки фіксуються зміни часу і тиску у вакуум-камері 1.

Пароповітряна суміш, що відкачується з вакуум-камери 1 потрапляє до конденсатора 5, в який протитечійно подається холодна вода. В конденсаторі 5 конденсується більша частина пари [5, 6], що утворюється під час вакуумування, конденсат стікає до конденсатозбірника 4.

Після досягнення необхідного розрідження вакуум насос 3 вимикається та за допомогою крана, розміщеного на кришці вакуум-камери 2, тиск вирівнюється з атмосферним [2, 5]. Проводяться заміри температури, маси та геометричних розмірів батона.

Для визначення газової проникності скоринки та м'якушки створено експериментальну установку (рис. 2).

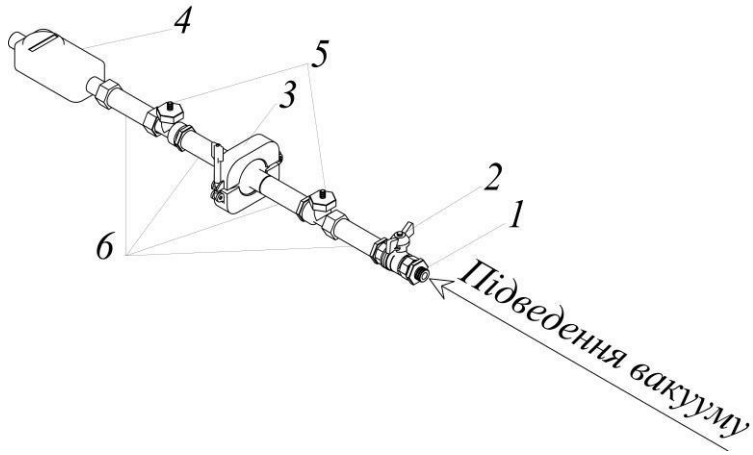


Рис. 2. Установка для визначення газової проникності скоринки та м'якушки батона:
1 — штуцер для приєднання вакуумного насоса; 2 — кран для регулювання швидкості створення вакууму; 3 — затискач; 4 — лічильник витрат газу; 5 — трійники зі штуцерами для диференційного під'єднання манометра; 6 — трубопровід

Із щойно випеченого або охолодженого батона вирізаємо зразок скоринки або м'якушки діаметром 25 мм і товщиною 5мм, зважуємо та поміщаємо до затискача 3 і вмикаємо вакуум-насос.

За допомогою відеозйомки фіксуємо витрати повітря в часі на лічильнику витрати газу 4 і зміну тиску в часі на диференційно приєднаному цифровому манометрі до трійників зі штуцерами для диференційного під'єднання манометра 5. Після закінчення досліджень зважуємо зразок батон.

Газова проникність (питома пропускна здатність) — це показник об'єму газу, що проходить через одиницю поверхні за одиницю часу. Газову проникність скоринки та м'якушки батона визначаємо за кількістю газу, що проходить через одиницю поверхні скоринки або м'якушки за одиницю часу:

$$П = V/(\tau F), (м^3/(м^2 \cdot с)), \quad (1)$$

де V — об'єм газу, що пройшов через скоринку, м^3; τ — час, за який об'єм газу пройшов через скоринку, с; F — площа скоринки, м^2.

Для визначення об'єму газу, який проходить через скоринку батона, розраховуємо площу поверхні батона.

Найпоширенішими формами хлібобулочних виробів є паралелепіпед — для формових виробів; циліндр — для багетоподібних виробів; тіла обертання — для подового хліба, булочок [13].

Для визначення площі поверхні батону масою 0,5 кг розбиваємо його на частини (схему поділу батона на частини наведено на рис. 3).

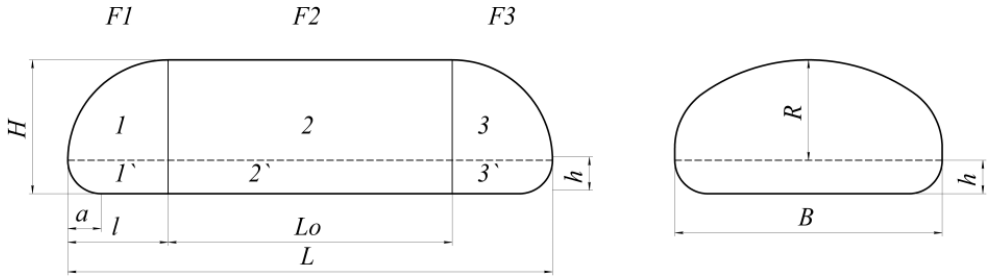


Рис 3. Схема поділу батона на частини:
F1, F3 — тіла обертання; *F2* — циліндрична частина батона; *H* — висота батона; *B* — ширина батона; *L* — довжина батона; L_0 — довжина циліндричної частини батона; *l* — радіус тіл обертання; *R* — висота, що відділяє верхню частину скоринки від нижньої; *a, h* — розміри скруглення нижньої кромки батона, що відділяє верхню скоринку від нижньої

Розбиваємо батон на верхню скоринку висотою:

$$R = B/2 \tag{2}$$

та нижню частину висотою

$$h = H - R. \tag{3}$$

По довжині верхню скоринку розбиваємо на три частини:

$$l_{1,3} = R. \tag{4}$$

Довжина циліндра: Поверхня ½ циліндра:

$$L_0 = L - 2R. \tag{5}$$

$$F_2 = \pi R L_0. \tag{6}$$

Поверхня F_1 і F_3 — поверхні обертання навколо $l = R$.

При порівнянні результатів розрахованої площі поверхні круглого подового виробу, за отриманою формулою, з площею поверхні кулі однакового об'єму з виробу, отриманий коефіцієнт, який враховує співвідношення діаметра виробу *d* до його висоти *h*. $d = H$; $h = R$:

$$n = 0{,}15(d/h) + 0{,}76, \tag{7}$$

де *n* — коефіцієнт, який враховує співвідношення діаметра виробу до його висоти; *d* — діаметр виробу; *h* — висота виробу.

Наближена формула для визначення площі поверхні тіла обертання для подового виробу:

$$F_{1,3} = (4\pi R^2)/2, \tag{8}$$

де $R = l$.

Площа F'_2 (середня під циліндром):

$$F'_2 = (H - R)L_0. \tag{9}$$

Поверхні F'_1 і F'_3 (бокові півкола):

$$3F'_{1,3} = \pi R(H - R) \text{ разом } F = 2\pi R(H - R). \tag{10}$$

Поверхня нижньої скоринки (центральна):

$$F^2_{под.} = L_0(B - 2a). \tag{11}$$

Нижні поверхні $F^{1,3}_{под.}$:

$$F^{1,3}_{под.} = 0{,}5\pi[(B - 2a)/2] \quad \text{разом} \quad F^1_{под.} + F^2_{под.} = 2F'_{под.}; \tag{12}$$

$$F^{1,3}_{под.} = \pi[(B - 2a)/2]^2. \tag{13}$$

Площа верхньої скоринки батона:

$$F_{верх} = F_2 + F_1 + F_3 + F_{2'} + F_{1'} + F_{3'}. \tag{14}$$

Поверхня нижньої скоринки:

$$F_{под} = F^2_{под} + F^1_{под} + F^3_{под}. \tag{15}$$

Загальна площа скоринки батона:

$$F_{заг} = F_{верх} + F_{под} . \quad (16)$$

Після проведених розрахунків визначено, що зальна площа скоринки батона складає 0,091 м^2.

Рис. 4. Схема дослідження пропускної здатності верхньої скоринки батона:
1—16 — умовний поділ верхньої скоринки батона на частини для проведення досліджень пропускної здатності

Для визначення і розрахунку газової проникності скоринки батона, виходячи зі специфіки нерівномірності підведення тепла до батона під час випікання, а також з міркувань візуальної оцінки неоднорідності стану поверхні скоринки умовно розбиваємо поверхню на ділянки наближено однакові за площею (рис. 4). Оцінку пропускної здатності нижньої скоринки батона оцінюємо інтегрально, враховуючи рівномірні умови контакту батона з подом печі під час випікання.

Результати досліджень. В результаті проведених досліджень в різних умовах охолодження випеченого батона на вакуумній експериментальній установці встановлено, що швидкість зміни тиску в робочій камері впливає не тільки на тривалість охолодження, але і на якість готових виробів. За занадто інтенсивного зниження тиску у вакуум-камері відбувається руйнування батона (відрив м'якушки батона від нижньої скоринки, розрив скоринки внаслідок виникнення надмірного градієнту тиску між парою, що утворилася в батоні під час охолодження, та середовищем у вакуум-камері, обумовленим недостатньою газовою пропускною здатністю скоринки (рис. 5, зразки 2, 3).

Інтенсивність охолодження обмежена пропускною здатністю скоринки і міцнісними властивостями структури. За нашими спостереженнями максимальна швидкість вакуумування має не перевищувати 4,5 кПа/с.

За результатами проведених досліджень визначено, що газова проникність центральної частини скоринки (ділянки 2—5; рис. 4) має меншу газову пропускну здатність, ніж пропускна здатність бічних ділянок поверхні скоринки (рис. 6).

Візуально можна спостерігати зміну пропускної здатності скоринки залежно від кольору — чим темніша скоринка, тим менша її пропускна здатність.

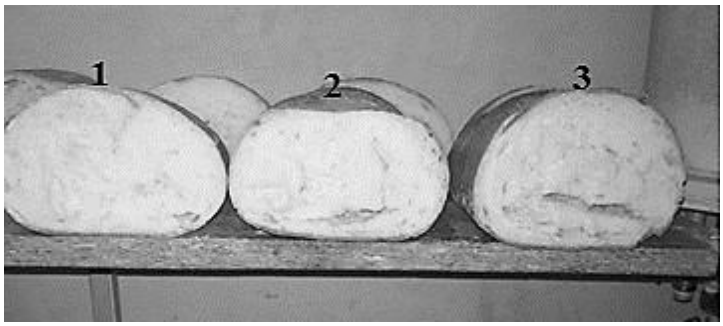


Рис. 5. Вплив швидкості вакуумування на якість батона:
1 — зразок за вірно підібраного режиму вакуумного охолодження; 2, 3 — зразки за занадто інтенсивного режиму вакуумного охолодження

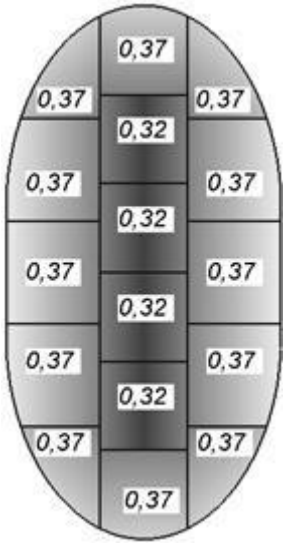


Рис. 6. Розподілення величини пропускної здатності верхньої скоринки батона

Визначено, що пропускна здатність м'якушки в поперечному розрізі батона (рис. 7) має пропускну здатність значно більшу, тому можна стверджувати, що газова проникність м'якушки майже не впливає на проведення процесу вакуумного охолодження батона.

У результаті проведених досліджень і розрахунків було визначено, що загальний об'єм пари, яка утворюється під час охолодження заготовки (батона) масою 0,5 кг від 100 до 30 °С за рахунок зниження тиску від 100 кПа до 4,6 кПа, складає V = 0,444 м^3.

У зв'язку з тим, що пропускна здатність (газова проникність) скоринки по площині змінюється, для збільшення точності розрахунку виникла необхідність розбити площу поверхні на верхню та нижню.

Площа нижньої скоринки батона — $F_{ск.н.}$ = 0,036 м^2; пропускна здатність нижньої скоринки батона — $П_{ск.н.}$ = 0,42 (м^3/(м^2·с)).

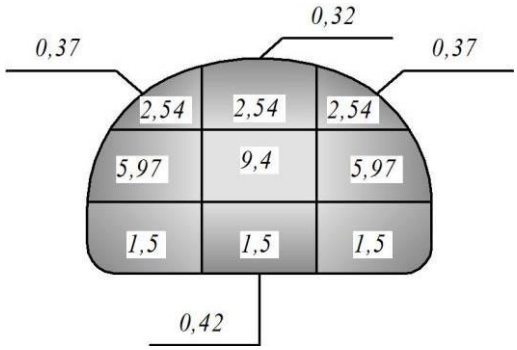


Рис. 7. Розподілення пропускної здатності м'якушки в поперечному розрізі батону

Площа центральної частини верхньої скоринки батона — $F_{ск.в.ц.}$ = 0,0088 м^2; пропускна здатність центральної частини верхньої скоринки батона — $П_{ск.н.}$ = 0,32 (м^3/(м^2·с)).

Площа бічної частини верхньої скоринки батон — $F_{ск.в.б.}$ = 0,0462 м^2; пропускна здатність бічної частини верхньої скоринки батону — $П_{ск.н.}$ = 0,37 (м^3/(м^2·с)).

Загальна площа поверхні батона — F = 0,091 м^2, середнє значення пропускної здатності скоринки — $П_{ср.}$ = 0,37 (м^3/(м^2·с)), час, за який утворена в процесі вакуумного охолодження пара при середньому значені пропускної здатності може пройти через скоринку батона — 21с.

Результати досліджень використано при розробленні конструкції та налагодженні обладнання вакуумного охолодження батона в умовах потокового виробництва.

Висновки.

1. Розроблено вакуумну експериментальну установку та методику проведення досліджень вакуумного охолодження батона.
2. Розроблено установку та методику проведення досліджень для визначення газової проникності скоринки та м'якушки батона.
3. Визначено, що в процесі вакуумного охолодження батона швидкість створення розрідження в робочій камері має не перевищувати 4,5 кПа/с, для запобігання руйнування виробу.
4. Розроблено методику розрахунку площі поверхні батона, відповідно до запропонованої схеми поділу поверхні батона на розрахункові елементи визначено, що вона дорівнює 0,091 м^2.
5. Визначено вплив пропускної здатності на перебіг процесу вакуумного охолодження батона, розраховано час, за який видалиться пара V = 0,44 м^3, що утворюється в результаті вакуумного охолодження батона через площу скоринки 0,091м^2 дорівнює 21 с.
6. Результати досліджень використано під час розроблення конструкції та налагодженні обладнання вакуумного охолодження батона.

ЛІТЕРАТУРА

1. Everington, D. (2003). Vacuum technology for food processing, *Food Technology International Europe*, 5, pp.71—74.
2. Fellows, P. (2020). Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition, CRC Press.
3. Lelieveld, H., Holah, J., Gabrić, D. (2016). *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition)*, Elsevier.

4. McDonald, K. (2001). The formation of pores and their effects in a cooked beef product o n the efficiency of vacuumcooling, *Journal of Food Engineering*, 47, pp. 175—183.

5. Mathias, Kinner, Ramona, Rüegg, Claudia, A. Weber, Jürg, Buchli, Ludwig, Durrer, Nadina, Müller (2021). Impact of selected baking and vacuumcooling parameters on the quality of toast bread. *Journal of Food Scienceand Technology*, Volume 58, pages 4578—4586.

6. Primo-Martín, C., H. de Beukelaer, Hamer, R. J., T. van Vliet (2008). Fracture behaviour of bread crust: Effect of bread cooling conditions, *Journal of Food Engineering*, 89, pp. 285—290.

7. Ralko, O. (2012). The restructuring and organisational development in the food industry in Ukra - ine, in: *Restructuring: theory and practice: (monograph)*, Tetyana Mostenska, Iryna Fedulova, Virgin ija Jurėnienė (scientific editors)), Kyiv—Kaunas—Szczecin: National University of Food Technologies, Institute of World Economy and International Relations,University of Szczecin, Vilnius University, Kondor, Kyiv, pp. 171—195.

8. Wang, N., Kan, A., Huang, Z. et al. CFD simulation of heat and mass transfer through cylindrical Zizania latifolia during vacuumcooling. Heat Mass Transfer 56, 627–637 (2020). https://doi.org/10.1007/s00231-019-02736-5.

9. Yu-Hang, Peng, Wen-Long, Cheng (2017). Experimental investigation on the effect of heat transfer enhancement of vacuumspray flash evaporation cooling using Al_2O_3-water nanofluid, *Energy Procedia*, Volume 142, 2017, Pages 3766—3773.

10. Zhiwei, Zhu, Ying, Li, Da-Wen, Sun, & Hsiao-Wen, Wang (2019). Developments of mathematical models for simulating vacuumcooling processes for food products — a review. *Critical Reviews in Food Scienceand Nutrition*, 59:5, 715—727, DOI: 10.1080/10408398.2018.1490696.

11. Zhijun, Zhang, Yuekai, Zhang, Tianyi, Su, Wenhui, Zhang, Lili, Zhao,Xun, Li, "Teplo and Mass Transfer of Vacuum Cooling for Porous Foods-Parameter Sensitivity Analysis". *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2014, ID статті 613028, 8 сторінок, 2014. https:doi.org/10.1155/2014/613028.

12. Zhiwei, Zhu, Tian, Li, & Da-Wen, Sun (2021). Pressure cooling and freezing technologies for the food industry: fundamentals and applications. *Critical Reviews in Food Scienceand Nutrition*, 61:17, 2793—2808. DOI: 10.1080/10408398.2020 . 1841729.

13. Гавва, О. М., Теличкун, В. І., Губеня,О. О., Десик, М. Г., Чепелюк, М. Г.(2017). *Технологічні комплекси харчових виробництв*: Навчальний посібник, Видавництво «Сталь», Київ.

14. Клапатюк, Максим, Ковальов, Олександр (2014). Zeovac вакуумне охолодження — технологія майбутнього. 80 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» Частина 2,pp. 28—30.

УДК 664.681.2

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED BISCUIT USING INSECT PROCESSING PRODUCTS

A. Rozhenko, O. Melnyk
Sumy National Agrarian University

Key words:
Organoleptic properties,
Proteins,
Crickets,
Flour confectionery

Article history:
Received 09.10.2023
Received in revised form 30.11.2023
Accepted 04.12.2023

Corresponding author:
alinka01rozenko@gmail.com

ABSTRACT

One of the potentially promising areas of development is the use of insect processing products for the production of confectionery products. Consumers of confectionery products often pay attention to cakes and pastries, which are made from biscuit semi-finished products. However, from the point of view of nutrition, such products have a high calorie content, low biological value and insufficient content of vitamins and minerals. One of the technological problems in the production of biscuits can be an insufficient amount of protein in their composition. Protein plays an important role in forming the structure of the dough and ensuring its strength, which allows biscuits to retain their shape. Insects contain a significant amount of protein and other nutrients that can be used for food production. For example, crickets and other types of insects are a source of high-quality protein and other nutrients. The idea of using flour from crickets for the production of semi-finished biscuits is an innovative and promising direction in the food industry. Cricket flour is a high-protein and extremely nutriatious product that can be used as an ingredient for the production of various types of products. It is made by grinding crickets, which contain a significant amount of protein, fats, carbohydrates, vitamins and minerals. The article theoretically substantiates and practically proves the use of insect processsing products (cricket flour), which contain valuable biologically active substances: proteins, vitamins, macro- and microelements, etc. The effect of cricket flour on the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of finished products was studied and it was established that the optimal content of cricket flour in a biscuit is 10%.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-10

© А. С. Роженко, О. Ю. Мельник, 2023

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ КОМАХ

А. С. Роженко,
О. Ю. Мельник, канд. техн. наук
Сумський національний аграрний університет

Використання борошна з цвіркунів для виробництва бісквітного напівфабрикату — це перспективний напрямок у харчовій промисловості. Борошно з цвіркунів є високобілковим і надзвичайно поживним продуктом, який може стати інгредієнтом для виробництва різних видів продуктів. У статті теоретично обґрунтовано та практично доведено доцільність використання продуктів переробки комах (борошна із цвіркунів), які мають у своєму складі біологічно активні речовини: білки, вітаміни, макро- та мікроелементи тощо. Досліджено вплив борошна цвіркунів на реологічні властивості тіста, органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів і встановлено оптимальний вміст борошна цвіркунів у бісквіті, який складає 10% до маси пшеничного борошна.

Ключові слова: *органолептичні властивості, білки, борошно із цвіркунів, вітаміни, борошняні кондитерські вироби.*

Постановка проблеми. Споживачі кондитерських виробів часто звертають увагу на торти й тістечка, які виготовлені з бісквітних напівфабрикатів. Однак з позиції нутриціології такі вироби мають високу калорійність, низьку біологічну цінність та недостатній вміст вітамінів і мінералів [1].

У сучасному світі харчова промисловість активно працює над розширенням асортименту харчових продуктів, які були б найбільш екологічно чистими та здоровими для споживача. Одним із потенційно перспективних напрямків розвитку є використання нетрадиційної сировини, продуктів переробки комах [2]. Зараз спостерігається значний інтерес до вивчення властивостей борошна з цвіркунів для його подальшого використання у виробництві харчової продукції. Так, науковцями [3] досліджено мікробіологічні, харчові та біоактивні властивості порошку з цвіркунів. Отримані результати свідчать, що порошок з цвіркунів є джерелом білку, в жирно-кислотному профілі якого домінують насичені жирні кислоти, а білковий гідролізат має антиоксидантні властивості.

Велика кількість досліджень у галузі використання борошна комах свідчить про актуальність цього напрямку в харчовій промисловості. Однією з розробок, яка заслуговує на увагу, є дослідження [4], що розглядає вплив борошна з цвіркунів на реологічні та структурно-механічні властивості тіста чапаті, хлібців з цільнозернового борошна. За результатами проведених досліджень додавання борошна з цвіркунів у кількості 5,0% дає змогу отримати продукт, структурно-механічні властивості якогоблизькі до аналогу [4].

Крім того, проводилися дослідження з визначення можливості використання борошна з цвіркунів у виробництві вівсяного печива [5]. Отримані результати свідчать, що додавання незначної кількості борошна з цвіркунів змінює колір виробу та підвищує кислотність, однак не впливає на текстуру тіста та готового виробу. Встановлено, що використання борошна комах сприяє не тільки підвищенню харчової цінності готового продукту, а й покращує технологічні показники й органолептичні властивості виробів [5].

Ці висновки підкреслюють необхідність подальшого наукового вивчення та експериментального дослідження можливих переваг у використанні борошна комах у виробництві харчових продуктів, зокрема у кондитерській галузі.

Комахи містять значну кількість білка та інших поживних речовин, що можуть бути використані для збагачення харчових продуктів. Наприклад, цвіркуни та інші види комах є джерелом високоякісного білка, незамінних амінокислот та інших біологічно-активних речовин [6].

Борошно із цвіркунів — це добавка, яка виробляється шляхом помелу спеціально підготовлених і висушених цвіркунів. Цвіркунів домашніх (*Acheta Domesticus*), зазвичай, вирощують на так званих фермах. Продукти переробки цвіркунів використовують для виробництва хлібобулочних, кондитерських виробів, снеків та іншої продукції як джерело білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин. Зокрема, це борошно містить вітаміни групи В, такі як тіамін і рібофлавін, вітамін B_{12}, який не може бути отриманий з рослинної їжі, тому досліджувана сировина є важливим джерелом цього вітаміну для вегетаріанців і веганів.

Крім того, борошно із цвіркунів містить значну кількість мінеральних речовин, таких як залізо, цинк, магній і фосфор [7]. Харчова та біологічна цінність борошна з цвіркунів порівняно з пшеничним представлена в табл. 1.

Таблиця 1. **Харчова та біологічна цінність борошна**

Найменування речовини	Борошно пшеничне в/с	Борошно з цвіркунів
	Вміст в 100 грамах борошна	
Енергетична цінність, ккал	327	464
Жири, г	0,9	20
Вуглеводи, г	74,2	0,5
Клітковина, г	3,5	9,5
Білки, г	10,3	70
Залізо, мг	1,26	6
Магній, мг	25	15
Вітамін B_{12}, мг	—	6
Тіамін, мг	0,194	0,03
Рибофлавін, мг	0,072	0,03

Отже, борошно з цвіркунів містить у 7 разів більше білка, ніж пшеничне борошно вищого сорту, та у 3 рази більше клітковини.

Борошно із цвіркунів вважається стійким до окислення та має довгий термін зберігання. Протеїн цвіркуна вважається повноцінним, оскільки він містить усі незамінні амінокислоти. Ці амінокислоти — лейцин, ізолейцин, валін, метіонін, триптофан, треонін, лізин і фенілаланін, вважаються «незамінними», тому що організм людини повинен отримувати їх з їжею. Лейцин, наприклад, є амінокислотою з розгалуженим ланцюгом (BCAA), яка має вирішальне значення для росту м'язів. Триптофан необхідний для вироблення гормону сну (мелатоніну) і хімічної речовини щастя (серотоніну).

Цвіркунове борошно має високий вміст вітамінів групи В. Вітамін B_{12}, про який згадувалося вище, утворює з фолієвою кислотою комплекси для синтезу ДНК і виробництва еритроцитів. Якщо в організмі недостатньо вітаміну B_{12} можуть виникати запаморочення, анемія, депресія та інші розлади. Крім того, вітаміни рибофлавін і біотин є важливими біологічно-активними речовинами, входять до складу ферментів та підтримують здоров'я шкіри [6].

Отже, для поліпшення харчової та біологічної цінності бісквітних виробів, використання нової сировини, зокрема борошна із цвіркунів, може бути перспективним способом збагачення бісквітних виробів вітамінами та мінералами. Крім того, використання нової нетрадиційної сировини може стимулювати розвиток нових продуктів функціонального призначення, що задовольнятимуть потреби споживачів у більш здорових і поживних кондитерських виробах.

Мета дослідження полягає у визначенні перспектив використання борошна комах у виробництві бісквіту для підвищення харчової та біологічної цінності і надання готовому продукту нових смако-ароматичних властивостей.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є технологія приготування бісквітних виробів з додаванням цвіркунового борошна.

Предметом дослідження є борошно із цвіркунів, напівфабрикат тіста для бісквітів, бісквітні вироби з використанням борошна із цвіркунів.

Для дослідження якості бісквітів було застосовано метод визначення в'язкості бісквітного тіста. Ефективну в'язкість бісквітного тіста визначали на ротаційному віскозиметрі РЕОТЕСТ-2, з використанням циліндрів S_1 та S_2 при температурі 20 °С [8].

Метод визначення пружності включає в себе вимірювання ступеня м'якості чи твердості бісквітного напівфабриката з використанням пенетрометра.

Метод органолептичних показників готової продукції (ДСТУ 4518:2008). Органолептичний метод — це метод, який визначає якість продуктів за допомогою органів чуття (смаку, нюху, зору, слуху, дотику.) Під час органолептичної оцінки визначали: зовнішній вигляд, стан м'якушки, смак, аромат, наявність хрусту [9].

Визначення енергетичної цінності проводилось розрахунковим методом. Принцип цього методу полягає у використанні фізичних або хімічних даних про склад і властивості речовини для обчислення її енергетичної цінності [10].

Результати досліджень. Для вирішення поставленої мети борошна з цвіркунів вносили у кількості 5%, 10% та 15% від маси борошна. За аналог брали рецептуру бісквіту круглого.

Технологія приготування бісквіта: яєчні білки охолоджують, потім збивають їх протягом 20—30 хв, спочатку на низькій, а потім на високій швидкості до того моменту, поки маса не збільшиться в об'ємі в 6—7 разів. Лимонну кислоту додають в кінці збивання. Окремо вбивають яєчні жовтки разом із цукром-піском протягом 10—15 хвилин. Після додавання есенції та борошна збивають масу протягом ще близько 5—8 секунд. Потім обережно додають збиті білки та перемішують до однорідності. Готове тісто має бути пишним, насиченим повітрям, без грудочок, кремового кольору та густої консистенції.

Бісквітне тісто одразу розкладають на кондитерські листи, покриті папером. Випікають при температурі 190—210 °С протягом 15—30 хвилин. Готові коржі охолоджують та вистоюють протягом 8 год при температурі 15—20 °С, після чого їх знімають з паперу та очищають [11].

Було проведено серію експериментів з варіюванням кількості борошна з цвіркунів у складі бісквітного напівфабрикату. Кожен експеримент включав приготування бісквітного тіста з використанням зазначеної кількості борошна з цвіркунів, дослідження реологічних властивостей тіста, випікання бісквітного напівфабрикату та визначення органолептичних і фізико-хімічних показників якості готового виробу. Після приготування тіста були проведені вимірювання його основних характеристик, таких як структура, текстура, смакові властивості.

Було визначено залежність впливу цвіркунового борошна на ефективну в'язкість бісквітного тіста (рис. 1).

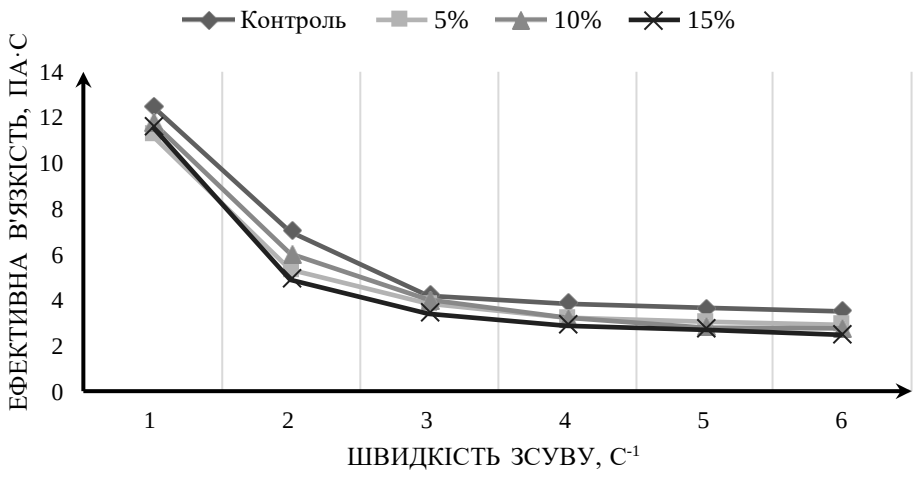


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву

Аналіз одержаних результатів розкриває деякі закономірності. Вивчення кривих течії всіх проб показує, що рідина, яка використовувалася, є неньютонівською. У цій рідині в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості зсуву. Найвиразніше зниження в'язкості спостерігається в тісті при швидкості зсуву 3 $с^{-1}$. При подальшому збільшенні швидкості зсуву зменшення ефективної в'язкості стає менш виразним, і в усіх пробах спостерігається схильність до досягнення сталої в'язкості: 3,6 Па·с для контрольного зразка і 2,5 Па·с для зразка з додаванням борошна з цвіркунів у кількості 15,0%. Підвищення швидкості зсуву призводить до руйнування структури пінного бісквітного тіста, що, у свою чергу, призводить до зниження в'язкості. При збільшенні швидкості зсуву (від 6 до 12 $с^{-1}$) виявлено, що в'язкість у всіх випадках залишається сталою і відповідає в'язкості при швидкості зсуву 6 $с^{-1}$. Залежність напруги зсуву від швидкості зсуву зображено на рис. 2.

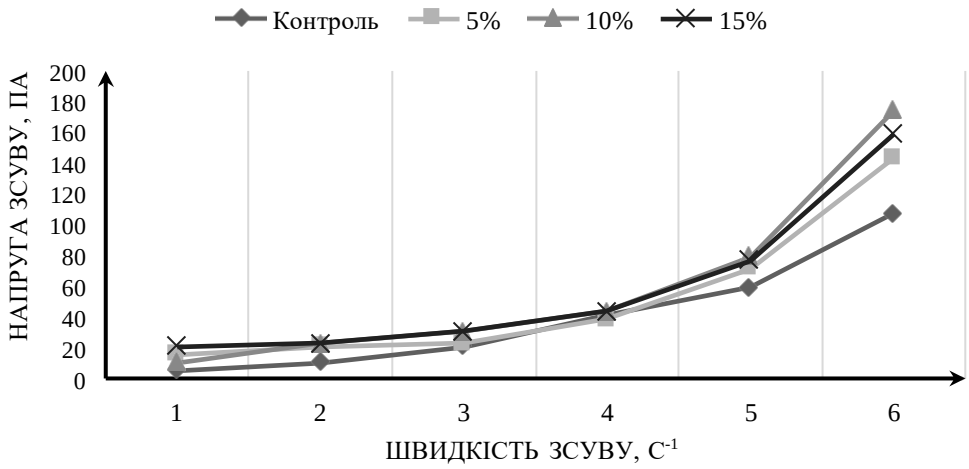


Рис. 2. Залежність напруги зсуву від швидкості зсуву

Треба також відзначити, що при швидкості зсуву 12 $с^{-1}$ напруга зсуву в зразку з найбільшим вмістом борошна з цвіркунів (15,0%) зменшується порівняно з контрольним зразком. Імовірно, це зумовлено високою здатністю цвіркунового борошна поглинати воду, і його додавання розріджує структуру системи, що призводить до цього ефекту. Проте експеримент показав, що додавання борошна з цвіркунів до рецептури бісквітного тіста майже не впливає на його в'язкість. Найкращі результати з точки зору ефективної в'язкості показують контрольний зразок та зразок бісквіту з 10% вмістом борошна з цвіркунів.

Наступним етапом дослідження стало дослідження органолептичних і фізико-хімічних показників якості готового виробу. Органолептичні показники визначали описовим методом і методом бальної оцінки якості бісквітного напівфабрикату.

Органолептичні показники якості бісквіту з додаванням різної кількості борошна із цвіркунів наведено в табл. 2.

Таблиця 2. **Порівняльна характеристика органолептичних показників бісквіту**

Показник	Предмети дослідження			
	Традиційний бісквіт	Бісквіт з додаванням 5,0% борошна із цвіркунів	Бісквіт з додаванням 10,0% борошна із цвіркунів	Бісквіт з додаванням 15,0% борошна із цвіркунів
Зовнішній вигляд	Поверхня без дефектів та ушкоджень			
Вид у розрізі	Пористість у напівфабрикату доброї якості і відсутні сліди неоднорідності			
Стан м'якушки	Ніжна, пориста структура			
Пористість	Тонко-стінна, рівномірна, крупна	Тонкостінна, рівномірна, крупна	Тонкостінна, рівномірна, середня	Грубостінна, дрібна
Смак	Має солодкий смак притаманний бісквітному виробу	Має солодкий смак притаманний бісквітному виробу	Виразний солодкий смак з відтінками горіхів	Виразний солодкий смак з відтінками горіхів
Запах	Запах притаманний бісквітному напівфабрикату	Запах притаманний бісквітному напівфабрикату	Має ненав'язливий аромат волоських горіхів	Має насичений аромат волоських горіхів
Колір	Бежевий	Блідо-зелений	Світло-зелений	Оливковий

Таблиця 3. **Порівняльна характеристика органолептичних показників досліджуваних зразків бісквітів методом бального оцінювання**

Найменування продукту	Оцінка продукту за п'ятибальною шкалою					Загальна оцінка в балах
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах, аромат	Консистенція	Смак	
Бісквіт звичайний	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 5,0% борошна із цвіркунів	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 10,0% борошна із цвіркунів	5	5	5	5	5	25
Бісквіт із додаванням 15,0% борошна із цвіркунів	4	5	5	3	3	20

З табл. 3 видно, що раціональним вмістом добавки цвіркунового борошна методом бального оцінювання встановлено 10,0% від маси пшеничного борошна. На основі проведеної органолептичної оцінки доцільно відобразити результати дослідження у вигляді рис. 3, на якому зображена профілограма органолептичних показників якості досліджуваних бісквітів.

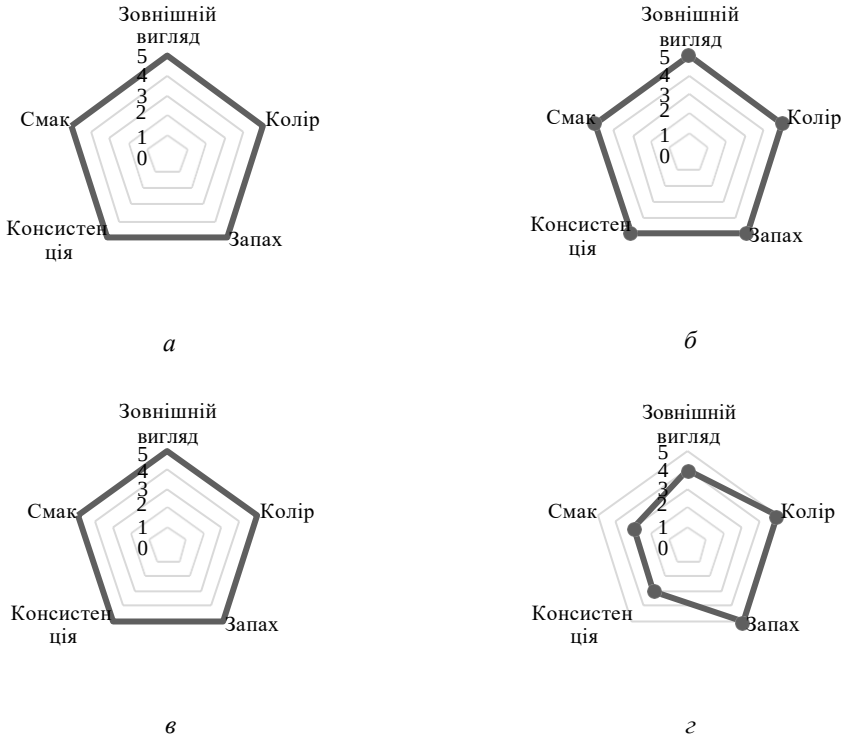


Рис. 3. Профілограма органолептичних показників досліджуваних зразків бісквітів: *а*) оцінка бісквіта звичайного; *б*) оцінка бісквіта з додаванням 5,0% борошна цвіркунів; *в*) оцінка бісквіта з додаванням 10,0% борошна цвіркунів; *г*) оцінка бісквіта з додаванням 15,0% борошна цвіркунів

Враховуючи те, що підвищення вмісту досліджуваної сировини до 15,0% погіршує якість бісквіту, а додавання цвіркунового борошна у кількості 5,0—10,0% не впливає на якість, однак підвищує поживну цінність готового виробу, ми прийшли до висновку, що найбільш раціонально використовувати добавку борошно цвіркунів у кількості 10,0% до маси борошно для підвищення харчової та біологічної цінності готового продукту. Перевагами додавання борошна із цвіркунів є надання виробам приємного горіхового смаку й аромату, м'якушка бісквіта стала світло-зеленого кольору. Випечений бісквітний напівфабрикат має піноподібну структуру і характеризується наявністю пористої м'якушки з однорідною пористістю.

Використання нової сировини, яка характеризується підвищеним вмістом білка, може впливати на пружність виробу, стан і характеристики пористості, тому доцільно було визначити зміну пружності готового бісквіту залежно від кількості внесеного борошна з цвіркунів.

Пружність бісквіта впливає на його текстуру та аеродинамічні властивості, такі як легкість, м'якість і податливість. Чим більша пружність, тим більш легкий та по-

вітряний буде бісквіт. Пружність забезпечується взаємодією розпушувальних агентів, таких як пекарський порошок або сода, які в процесі випікання сприяють утворенню пористої м'якушки та повітряної структури бісквіту. Крім того, основну частину вологи в бісквіті зв'язує клейковина пшеничного борошна та крохмаль, тому заміна частини пшеничного борошна на цвіркунове борошно також буде впливати на якість готового виробу.

Отже, пружність є важливим чинником, який визначає якість і характеристики бісквіта. Значення пружності бісквіта в досліджуваних зразках представлено на рис. 3.

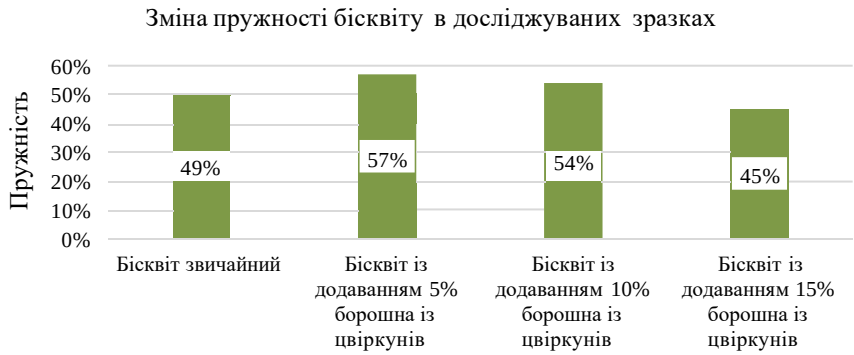


Рис. 4. Зміна пружності бісквіта в досліджуваних зразках

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що додавання борошна з цвіркунів в кількості від 5,0 до 10,0 % сприяє підвищенню пружності готового виробу, збільшення кількості цвіркунового борошна у складі бісквіту викликає зменшення пружності бісквіту та підвищує щільність м'якушки. Дозування нової сировини у співвідношенні до інших інгредієнтів має бути належним чином збалансовано, щоб забезпечити оптимальну пружність бісквіта.

Нестача білка в організмі людини може призвести до зниження маси тіла та апетиту, порушення процесів травлення, збільшення втомлюваності, підвищення рівня захворюваності та інших негативних факторів, тому виробництво кондитерських виробів з низьким вмістом вуглеводів і високим вмістом білка є важливим завданням нашого дослідження.

Оскільки метою нашої роботи було підвищення харчової та біологічної цінності бісквіту за рахунок використання нової сировини з високим вмістом білку, наступним етапом став розрахунок харчової та біологічної цінності готового виробу.

Розрахунок харчової та енергетичної цінності бісквіта з додаванням цвіркунового борошна (10,0%) наведений у табл. 4.

Таблиця 4. **Розрахунок харчової та енергетичної цінності бісквіта із цвіркунового борошна**

Найменування інгредієнтів	Білки, г	Вуглеводи, г	Жири, г	Енергетична цінність, ккал
Розрахунок на 100 г готового виробу				
Борошно пшеничне	3,61	24,5	0,39	117
Цукор-пісок	—	33,9	—	135
Жовтки яєчні	5,39	1,22	9,02	109

Продовження таблиці 4

Білки яєчні	5,56	0,37	0,09	27
Лимона кислота	—	—	—	—
Борошно із цвіркунів	2,8	0,02	0,8	19
Всього:	24,6	60,01	10,3	

Таблиця 5. **Харчова та біологічна цінність бісквіту з додаванням борошна із цвіркунів**

Найменування поживної речовини	Вміст речовин, г	Добова норма споживання, г	На скільки % задовольняються добові потреби
Білок, г	24,6	60,0	41,0
Жир, г	10,3	60,0	17,2
Вуглеводи, г	60,01	180,0	33,3
Вітаміни, мг:			
B_1	0,234	1	23,4
B_2	0,61	1,2	50,8
B_4	293,8	450	65,3
B_5	1,8	7	25,7
Залізо	8,6	17	50,6
Магній	40	320	12,5
Калій	278	3500	7,9
Фосфор	649	1250	51,9
Цинк	4,1	15	27,3

Отже, аналіз результатів підтвердив, що саме вміст борошна комах на рівні 10,0% у рецептурі бісквіту сприяє оптимізації білкового складу виробу, забезпечуючи підвищення біологічної цінності та балансу макро- та мікроелементів. Цей вміст є досить збалансованим, з урахуванням збереження консистенції та смакових якостей бісквіту, а також має економічну доцільність у виробництві.

Висновки. Дослідження показали, що використання цвіркунового борошна у виробництві бісквітних напівфабрикатів є перспективним напрямком інноваційного розвитку кондитерського виробництва. Це борошно впливає на текстуру бісквіту, роблячи її більш м'якою та ніжною, також здійснює позитивний вплив на органолептичні показники готового виробу, підвищує харчову та біологічну цінність бісквіту, збагачуючи склад важливими мікроелементами та вітамінами. Використання інноваційної сировини дає змогу отримати продукт з покращеними характеристиками та функціональними властивостями, що буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності на ринку кондитерських виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бузніцька, І. В., Присяжна, М. І. Стан і тенденції розвитку кондитерської галузі та ринку борошняних кондитерських виробів. Творчий пошук молоді — курс на ефективність: зб. тез доп. IX Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених, аспірантів, студентів, 21 березня 2018 р. Хмельницький: ХКТЕІ, 2018. С. 319—321.

2. Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-enriched oat biscuit: technological analysis and sensory evaluation. Foods, 9(11), Article 1561. https://doi.org/10.3390/foods9111561 [in English].

3. Concetta Maria Messina, Raimondo Gaglio, Maria Morghese, Marco Tolone, Rosaria Arena, Giancarlo Moschetti, Andrea Santulli, Nicola Francesca, and Luca Settanni. Microbiological Profile and Bioactive Properties ofInsect Powders Used in Food and Feed Formulations *Foods*, 2019, 8, 400. doi:10.3390/foods8090400.

4. Cristina M. González, Raquel Garzón, Cristina M. Rosell. Insects as ingredients forbakery goods. A comparison study of H. illucens, A. domestica and T. molitor flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51. 2019. P. 205—210.

5. Habiba Khatun, Mik Van Der Borght, Mohammad Akhtaruzzaman and Johan Claes. Rheological Characterization of Chapatti (Roti) Enriched with Flour orPaste of House Crickets (Acheta domesticus) . *Foods*, 2021, 10, 2750. URL: https://doi.org/10.3390/foods10112750.

6. Barbara Biró, Mária Anna Sipos, Anikó Kovács, Katalin Badak-Kerti, Klára Pásztor-Huszár and Attila Gere. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, 2020, 9, 1561. URL: doi:10.3390/foods9111561.

7. González, C. M., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of H. illucens, A. domestica and T. molitor flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51, 205—210. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021 [in English].

8. RD J. K. M. Eating Crickets: Benefits and Downsides. Healthline. URL: https://www.healthline.com/nutrition/eating-crickets#bottom-line (date of access: 27.05.2023).

9. Методи визначення в'язкості — Wiki ТНТУ. Wiki ТНТУ. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/Методи_визначення_в'язкості (дата звернення: 27.05.2023).

10. Органолептичний метод. Pidru4niki. URL: https://pidru4niki.com/ 1647041363826/tovaroznavstvo/organoleptichniy_metod (дата звернення: 27.05.2023).

11. Методика виконання самостійної роботи. *StudFiles*. URL: https://studfile.net/previev/1785255/page:74 (дата звернення: 07.10.2023).

12. Павлов, В. Збірник рецептур борошняних кондитерських та здобних булочних виробів: навчально-практичний посібник. 2-ге вид. ПрофКнига, 2019. 340 с.

УДК 637.5

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MARINED SEMI-FINISHED POULTRY MEAT

I. Danylevych, V. Pasichnyi, Ye. Shubina, A. Marynin
National University of Food Technologies

Key words:
Technology,
Meat semi-finished products,
Poultry meat,
Marinades,
Ultrasonic treatment,
Spices

Article history:
Received 06.11.2023
Received in revised form 19.12.2023
Accepted 19.12.2023

Corresponding author:
pasww1@ukr.net

ABSTRACT

Abstract. The article examines the current problems of expanding the range of meat semi-finished products from fillets and small fillets of turkey meat when using liquid marinades based on corn oil when the marinating process is combined with physical methods of exposure.

As a result of the analysis of literary sources, the perspective of improving the technologies of marinating meat semi-finished products when using flavor compositions with different recipe composition, which allow the use of spices from different countries of the world, was determined.

In the course of the study, the influence of the preliminary ultrasonic treatment of fillets and small fillets of turkey meat on the functional-technological, structural-mechanical and organoleptic characteristics of marinated meat semi-finished products based on this type of raw material was determined.

On the basis of the obtained results, it was established that the use as a taste composition of tkemal marinade based on corn oil and preliminary ultrasonic treatment in an ultrasonic bath for 10 minutes and subsequent marinating with a liquid marinade in the amount of 4.5—6.0% to the mass of turkey meat at a temperature of 4—6 °C for 18—20 hours, the best functional and technological indicators of marinated meat semi-finished products are achieved.

It was determined that ultrasonic processing of fillets and small fillets of turkey meat for 10 minutes in an aqueous medium allows to increase the moisture content of the meat by 4.2—4.8% with sufficiently high values of moisture-binding capacity. It was determined that the shift of the pH values in the alkaline side of the ultrasonically treated marinated semi-finished product during heat treatment is from 0.16 to 0.28 units, which correlates with the traditional shift of the pH of meat raw materials during heat treatment.

The possibility of increasing the organoleptic and technological indicators of marinated meat semi-finished products when using ultrasonic pretreatment of fillets and small fillets of turkey meat during pickling has been confirmed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-11

© І. О. Данилевич, В. М. Пасічний, Є. А. Шубіна, А. І. Маринін, 2023

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАРИНОВАНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З М'ЯСА ПТИЦІ

І. О. Данилевич,
В. М. Пасічний, д-р техн. наук,
Є. А. Шубіна,
А. І. Маринін, канд техн. наук,
Національний університет харчових технологій

У статті досліджується можливість використання рідких маринадів на основі кукурудзяної олії при поєднанні процесу маринування з фізичними методами впливу. Визначено, що оброблення філе і малого філе м'яса індички ультразвуком протягом 10 хв у водному середовищі дає змогу підвищити насиченість м'яса вологою на 4,2—4,8% з достатньо високими значеннями вологозв'язуючої здатності. Підтверджено можливість підвищення показників якості м'ясних напівфабрикатів при маринуванні попереднього оброблення філе і малого філе м'яса індички ультразвуком.

Ключові слова: *м'ясні напівфабрикати, м'ясо птиці, маринади, ультразвукове оброблення, прянощі.*

Постановка проблеми. Виникнення культури споживання спецій і приправ не було випадковим. Спочатку спеції та прянощі надавали стравам приємної різноманітності, потім ставали культурною звичкою і, нарешті, перетворилися на необхідний інгредієнт. Прянощі є продуктами рослинного походження, яким притаманний сильний пряний аромат і часто різкий, пекучий смак. Прянощі відіграють важливу роль у виведенні з організму шлаків і підвищенні його захисних функцій. Останнє пояснюється тим, що вони проявляють бактерицидні й антиокислювальні властивості. Цим же пояснюється їх консервуюча дія при додаванні до харчових продуктів. Деякі прянощі та їхні компоненти мають лікувальні властивості, їх використовують для приготування різних ліків [1]. Вони покращують смакові властивості їжі та сприяють її засвоєнню, оскільки є каталізаторами багатьох ферментативних процесів і обміну речовин загалом з урахуванням можливості їх використання в поєднанні з ферментами [2, 4].

Використання тих чи інших пряно-ароматичних рослин багато в чому визначається історією виникнення країни, географічним розташуванням, традиціями, національним етносом. На сьогодні не існує меж у спілкуванні людей, і традиційна кухня, її особливості, асортимент сировини і смакових речовин — актуальні питання для технологів і рестораторів. Зробити м'ясні вироби національними, надати їм характерного національного колориту здатні тільки різні способи приготування і використання різноманітних пряно-ароматичних рослин, харчові суміші та маринади, що адаптовані до національної кухні [3, 5].

Одним із прикладів ефективного використання смакоароматичних композицій є США. Сьогодні у США налічується близько тисячі видів маринадів, які просувають власники близько сотні торговельних марок. Після того, як до виробництва маринадів підключилися провідні світові виробники, такі як Mother's Mountain, Heinz, Mc. Cormick, Kraft Foods, Lawrys, маринади вийшли за межі США та поширилися у країнах Європи та Австралії [1].

Використання маринадів для ароматизації та розм'якшення м'яса — не нова концепція. Навіть антибактеріальні властивості маринадів і сумішей для соління люд-

ство відмітило вже доволі давно. Проте на сьогодні існує безліч пропозицій маринадів промислового виробництва, у тому числі й вітчизняного, для того, щоб виконати ще одну важливу опцію — збільшити кількість вітамінів, мінеральних речовин та антиоксидантів у готових до споживання страв [3].

Маринад — це складний багатокомпонентний продукт, який випускається у рідкому та сухому вигляді. Він складається з різних компонентів і ароматів, які, поєднуючись, утворюють зовсім новий виріб. У складі маринадів використовуються суміші кислот, рослинної олії, солі і приправ. Це чудовий засіб для поліпшення смаку м'яса і риби. Крім того, кислота і сіль сприяють зниженню жорсткі м'язових волокон м'яса.

Основою маринадів є харчові кислоти. Як правило, використовують оцет синтетичного походження, іноді винний, яблучний, чистий або ароматизований, фруктові соки чи молочні продукти (йогурт, кефір). Харчові кислоти, вступаючи у взаємодію з компонентами м'ясної сировини, надають продукту приємного специфічного смаку й аромату, частково розщеплюють білки і жири, допомагають покращувати технологічні здатності продукту, впливаючи на колоїдні властивості, зумовлюють формування консистенції та забезпечують консервуючу дію [5, 6].

Відмінність маринованих м'ясних напівфабрикатів від звичайних натуральних криється не тільки у зовнішньому вигляді, а й у смакових властивостях. За допомогою маринування збільшується термін зберігання напівфабрикатів завдяки наявності антиоксидантів, а в деяких випадках досягається більший вихід при подальшій термообробці [6]. Процес маринування разом із процесом соління забезпечує в м'ясних напівфабрикатах і готовій продукції формування необхідних сенсорних показників: зовнішній вигляд, смак, аромат, колір, консистенція. Для покращення функціонально-технологічних характеристик маринованих м'ясних напівфабрикатів і прискорення процесу визрівання м'яса використовуються, крім хімічних і біохімічних методів, фізичні методи впливу, зокрема обробка ультразвуком, технологія "Sous Vide" [7, 8].

Застосування ультразвуку в харчовій, у тому числі м'ясній, промисловості дає змогу суттєво прискорити ряд технологічних процесів, такі як емульгування; фільтрація; зміна в'язкості; екструзія (механічні вібрації, зниження тертя); ферментна та мікробна інактивація (висока швидкість зсуву, пряме пошкодження мембрани мікробної клітини; ферментація (прискорення ферментних процесів); масо- та теплопередачі тощо, а також збільшити коефіцієнт використання сировини, підвищити якість і безпеку продукції [7]. При проходженні ультразвуку в біологічних об'єктах, до яких відноситься і м'ясо, частинки середовища здійснюють інтенсивні коливальні рухи з великими прискореннями, причому на відстанях, рівних половині довжини звукової хвилі, в оброблюваному об'єкті можуть виникати різниці тисків від одиниць до десятків атмосфер. Ефективність ультразвукової обробки залежить від режимів обробки (інтенсивності, частоти, тривалості), pH, рівня початкового мікробіологічного забруднення сировини та інших факторів [7].

М'ясо, при витримці в маринаді, змінює органолептичний профіль за рахунок абсорбції мікронутрієнтів, ароматичних речовин, антиоксидантів у товщу м'ясних напівфабрикатів. І цей факт є доведеним фізико-хімічним процесом. Здійснюються ці переходи завдяки тому, що створюються можливості іонного обміну, рушійною силою яких є органічні кислоти, присутні у маринадах за рахунок внесення плодів, ягід, соків, вина, пива, кисломолочних напоїв [3, 9, 10], сприяючи підготовці м'яс-

них напівфабрикатів до їх подальшої теплової обробки, покращує хімічний склад готових страв і консистенцію харчових продуктів готових до споживання.

Найбільшою популярністю серед споживачів користуються напівфабрикати з м'яса птиці, що зумовлено їх ціновою доступністю та високими органолептичним и властивостями. Напівфабрикати з м'яса птиці відрізняються своєю універсальністю й можливістю використовувати у рецептурах різноманітні спеції та прянощі, що робить їх асортимент вкрай різноманітним [3, 6, 9].

Метою досліджень є підвищення функціонально-технологічних і сенсорних показників маринованих напівфабрикатів з м'яса птиці при використанні в процесі маринування м'яса рідких маринадів і обробки ультразвуком.

Матеріали і методи. Для маринування використовували філе та мале філе індички. Як маринаду — універсальний рідкий соус № 905 (Ткемалі), виготовлений згідно з ТУУ 10.8-33480284-031:2020, виробник ТОВ «Золотий Фенікс» (характеристику якого, згідно з технічними умовами, наведено в табл. 1 та 2).

Для лабораторних досліджень органолептичних і технологічних характеристик м'ясних маринованих напівфабрикатів були виготовлені чотири зразки маринованих напівфабрикатів з використанням і без ультразвукової обробки. Контролем для напівфабрикатів були зразки філе та мале філе індички без використання маринадів і обробки ультразвуком у водному середовищі.

Вимірювання дослідних значень проводили у трикратному повторі.

Таблиця 1. **Характеристика маринаду «Ткемалі»**

Склад	Олія кукурудзяна; сіль кухонна; натуральні спеції: перець чорний, часник, петрушка; декстроза; екстракти натуральних спецій: паприка, цибуля, часник
Зовнішній вигляд	Напіврідка маса з наявністю подрібнених часток овочів, зелені, плодів, спецій і прянощів
Колір	Різних відтінків, властивих сировині, що входить до складу
Смак і запах	Яскраво виражений, властивий сировині, що входить до складу. Сторонніх запахів і смаків не виявлено
Масова частка жиру, %, не більше	90,00
Кислотність у перерахунку на оцтову або титровану кислоту, %, не більше ніж	0,35
Масова частка солі, %, не більше	50,00

Таблиця 2. **Хімічний склад на 100 г продукту маринаду «Ткемалі»**

Показник	Вміст, %
Білки	4,0
Жири	51,0
- насичені	2,3
Вуглеводи	9,8
- цукор	4,6
Харчова клітковина	0,1
Сіль	29,6

Дослідження м'ясних фабрикатів виконували з використанням традиційних методів м'ясопродуктів [11]. Для напівфабрикатів визначали такі показники: волого-

зв'язуючу здатність (ВЗЗ), активну кислотність середовища (pH), вміст вологи, вміст водорозчинного білка (з використанням біуретового методу), буферну ємність [12].

Результати досліджень. До класичної технологічної схеми виготовлення маринованих напівфабрикатів з м'яса птиці відносять такі операції: розморожування сировини до температури в товщі м'язів +2...+5 °С; соління (маринування сухим, мокрим чи комбінованим способом); масування (одноразово 10—15 хв); витримування (визрівання 12—20 год при +4...+6 °С); відділення стікання зайвого маринаду; фасування; упакування в споживчу тару; доохолодження (до температури в товщі продукту +0...+4°С); пакування в транспортну тару.

У процесі досліджень маринад змішували з м'ясною сировиною у співвідношенні 45—60 г маринаду на 1 кг м'ясної сировини (масою шматків 50—60 г) та витримували протягом 6—8 год при температурі від +5 до +14 °С. Крім цього, проводили перед маринуванням попередню обробку м'яса ультразвуком (УЗК) при кімнатній температурі 18—20 °С протягом 10 хв з використанням бані ультразвукової Sonorex Super RK100H Bandelin з частотою ультразвуку 35 кГц.

Результати досліджень показників вмісту вологи, pH і значення вологозв'язуючої здатності наведені у табл. 3 та 4.

Таблиця 3. **Показники напівфабрикатів до теплового оброблення**

Назва	Вміст вологи, %	pH	ВЗЗ,%
Контроль1 (філе індички без маринаду)	73,31±0,15	6,49	98,28±0,04
Контроль2 (мале філе індички без маринаду)	72,90±0,10	7,05	92,63±0,10
Філе, оброблене УЗК	75,11±0,10	7,05	90,91±0,11
Мале філе, оброблене УЗК	75,82±0,12	6,63	94,55±0,12
Філе мариноване	70,03±0,10	6,63	96,65±0,04
Мале філе мариноване	69,70±0,05	6,50	93,43±0,14
Філе, оброблене УЗК (мариноване)	71,12±0,15	6,52	95,25±0,15
Мале філе, оброблене УЗК (мариноване)	72,11±0,12	6,67	99,98±0,02

Таблиця 4. **Показники напівфабрикатів після термічного оброблення**

Зразки за варіантами	Волога, %	pH	ВЗЗ,%
Філе мариноване	60,02±0,12	7,04	99,7±0,15
Мале філе мариноване	63,20±0,12	6,87	81,56±0,12
Філе, оброблене УЗК (мариноване)	65,91±0,11	6,88	94,35±0,05
Мале філе, оброблене УЗК (мариноване)	64,80±0,10	6,83	99,98±0,02

З даних табл. 4 видно, що при використанні УЗК відбувається більше насичення м'ясних фабрикатів вологою, що збільшує частку незв'язаної вологи у фабрикаті для курячого філе, яке не піддавалась маринуванню. Для зразків, у яких поєднувалось маринування з обробкою УЗК, відбувалось обводнення м'яса зі збереженням високих показників ВЗЗ. Дослідження кількості водорозчинних білків м'ясних фабрикатах з обробкою і без обробки ультразвуком наведено на рис.1.

Результати кількісного вмісту водорозчинних білків, визначених у водних екстрактах, отриманих з м'ясних фабрикатів (рис. 1) показали, що кількість водорозчинних білків більша в екстрактах, отриманих з маринованих фабрикатів. При цьому поєднання УЗК з маринуванням для філе з бедра курчат-бройлерів дає змогу значно

підвищити кількість екстрагованого білка, що вказує на потенційно кращу здатність сировини втримувати в собі вологу.

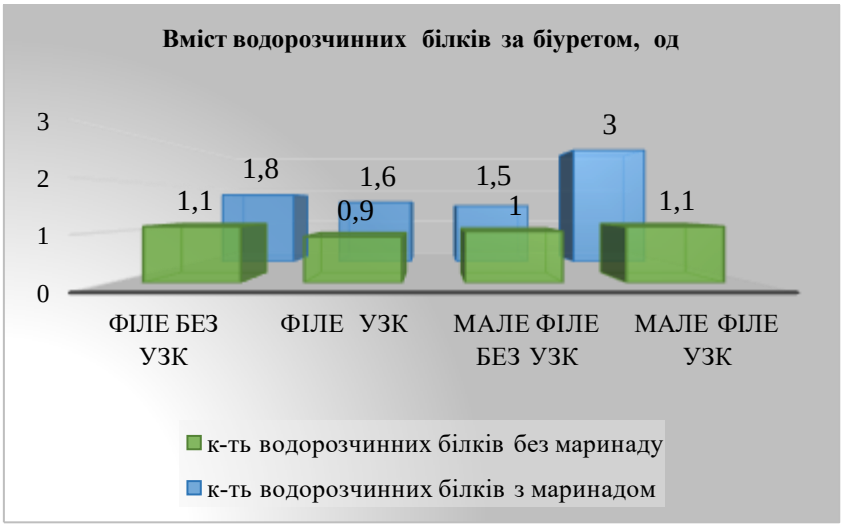


Рис. 1. Кількість водорозчинних білків у водних екстрактах

Дослідження буферної ємності м'ясних напівфабрикатів за варіантами маринування з використанням для визначення стандартизованих водних розчинів HCl і NaOH наведені в табл. 5 і 6.

Представлені в табл. 5 і 6 значення pH водних витяжок при внесенні в них лугу або кислоти заданої концентрації корелюється з кількістю водорозчинних білків і вказує на вищі значення буферної ємності маринованих напівфабрикатів, оброблених УЗК.

Таблиця 5. **Буферна ємність м'ясного напівфабрикату сирого продукту при взаємодії з лугом**

Концентрація розчину NaOH, н	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06
Вид продукту	Без маринаду					З маринадом				
Філе без УЗК	6,58	6,64	6,90	7,51	9,23	6,70	6,58	6,62	6,84	8,14
Філе УЗК	6,95	6,88	7,15	7,49	8,92	6,97	6,84	6,87	7,07	7,74
Мале філе без УЗК	6,99	6,77	6,99	7,04	9,31	5,67	5,77	5,98	6,52	8,01
Мале філе УЗК	6,6	6,56	6,77	7,44	9,33	6,74	6,67	6,67	7,08	8,63

Таблиця 6. **Буферна ємність сирого продукту при взаємодії з кислотою**

Концентрація розчину HCl, н	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06
Вид продукту	Без маринаду					З маринадом				
Філе без УЗК	6,65	6,33	5,63	5,01	4,59	5,61	5,36	4,97	4,45	4,23
Філе УЗК	5,79	5,63	5,19	4,73	4,60	5,07	5,13	4,8	4,34	4,11
Мале філе без УЗК	5,59	5,48	5,06	4,87	4,62	5,04	5,10	4,88	4,68	4,60
Мале філе УЗК	5,73	5,59	5,11	4,75	4,50	5,14	5,12	4,92	4,65	4,41

Підготовлені м'ясні напівфабрикати піддавалися смаженню за традиційним ре - жимами для цього виду фабрикатів. Для доведених до кулінарної готовності фабрикатів було проведено сенсорне оцінювання кольорності з використанням шкали кольорності TINTAROMA (табл.7).

Таблиця 7. **Значення кольорності м'ясних фабрикатів після термічного оброблення згідно зі шкалою TINTAROMA**

Назва	Колір після термічного оброблення	
	без маринаду	б маринадом
Філе без УЗК	S 1005-Y20R	S 1005-Y40R
Філе з УЗК	S 1005-Y20R	S 1005-Y40R
Мале філе без УЗК	S 1005-Y20R	S 1005-Y40R
Мале філе з УЗК	S 1005-Y20R	S 1005-Y40R

Результати сенсорного оцінювання кольорності підтверджують відсутність впливу УЗК на зміну показників кольорності маринованих напівфабрикатів, що вказує на відсутність суттєвого впливу УЗК на пігменти м'яса в процесі його технологічної підготовки.

Результати оцінки органолептичних показників маринованих напівфабрикатів у стані кулінарної готовності представлено в табл. 8.

Таблиця 8. **Органолептичні показники м'ясних смажених страв із використанням маринаду № 905** (Ткемалі)

Назва	Оцінка за 5-бальною шкалою	Органолептичні показники
Філе	3	*Зовнішній вигляд:* рівномірно обсмажена, без тріщин, із частинками пряних трав, дробленого перцю. *Консистенція*: однорідна, м'яка, суха. *Колір:* темно-коричневий. *Запах:* смаженого м'яса з легким ароматом солодкої паприки. *Смак:* смаженого м'яса з легким присмаком прянощів.
Мале філе	3	*Зовнішній вигляд:* рівномірно обсмажена, без тріщин, із частинками пряних трав, дробленого перцю. *Консистенція*: однорідна, м'яка, суха. *Колір:* темно-коричневий. *Запах:* смаженого м'яса з легким ароматом солодкої паприки. *Смак:* смаженого м'яса з легким присмаком прянощів.
Філе УЗК	5	*Зовнішній вигляд:* рівномірно обсмажена, без тріщин, із частинками пряних трав, дробленого перцю. *Консистенція*: однорідна, м'яка, дуже соковита. *Колір:* темно-коричневий. *Запах:* смаженого м'яса з легким ароматом солодкої паприки. *Смак:* смаженого м'яса з легким присмаком прянощів.
Мале філе УЗК	4	*Зовнішній вигляд:* рівномірно обсмажена, без тріщин, із частинками пряних трав, дробленого перцю. *Консистенція*: однорідна, м'яка, соковита. *Колір:* темно-коричневий. *Запах:* смаженого м'яса з легким ароматом солодкої паприки. *Смак:* смаженого м'яса з легким присмаком прянощів.

За результатами органолептичної оцінки максимальну оцінку — 5 з експериментальним маринадом отримав зразок № 3 (Філе індички мариноване з використанням УЗК), що доводить доцільність використання ультразвуку у виробництві напівфабрикатів з філе м'яса індички.

Висновок. Проведені дослідження підтверджують перспективність використання попереднього оброблення м'ясної сировини ультразвуком для підвищення функціонально-технологічних і органолептичних показників маринованих напівфабрикатів з використанням рідких маринадів.

Встановлено, що використання як смакової композиції ткемалевого маринаду на основі кукурудзяної олії та попереднього ультразвукового оброблення дає змогу підвищити здатність до насичення м'яса вологою та покращити сенсорні показники доведених до кулінарної готовності фабрикатів.

Визначено, що зміщення значень pH в лужну сторону обробленого ультразвуком маринованого напівфабрикату при проведенні теплового оброблення складає від 0,16 до 0,28 одиниць, що корелюється з традиційним зміщенням pH м'ясної сировини при тепловому обробленні.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначенні раціональних термінів зберігання розроблених маринованих напівфабрикатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Midgley, J., Small, A. Review of new and emerging technologies for red meat safety// Final report Meat & Livestock Australia. 2006. P. 38—39.

2. Garmash, D. V. Features and prospects of using collagenase-containing enzyme compositions in the meatbased products technology / D. V. Garmash, V. M. Pasichnyi // *Ukrainian Journal of Food Science*. 2017. P. 231—236.

3. Lee, Soh Min. Exploration of flavor familiarity effect in Korean and US consumers' hot sauces perceptions/ Lee, S. M., Kim, S. E., Guinard, J. X., & Kim, K. O. // *Food Scienceand Biotechnology* . 2016. 25.3 P. 745—756.

4. Лизова, В. Ю. Ферменти та їх використання у м'ясній промисловості / В. Ю. Лизова, А. К. Башкирова // *Мясной бизнес*. 2010. № 6(90) С. 33—38.

5. Kim, Ji-Han. Influence of citric acid on the pink color and characteristics ofsous vide processed chicken breasts during chill storage / Kim, J. H., Hong, G. E., Lim, K. W., Park, W., & Lee, C. H. // *Korean journal for food scienceof animal resources*. 2015. 35.5. P. 585.

6. Ukrainets, A. I. Antioxidant plant extracts in the meat processing industry / A. I. Ukrainets, V. M. Paichniy, Y. V. Zheludenko // *Biotechnologia Acta*. 2016. Vol. 9, № 2. С. 19—27.

7. Мельник, В. М., Косова, В. П., Остапенко, Ж. І., Швиденко, В. В. Дослідження впливу ультразвуку на м'ясну сировину. // *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. 1 (104). С.38—43.

8. Zielbauer, B. I. Physical aspects of meat cooking: time dependent thermal protein denaturation and water loss / Zielbauer B. I., Franz, J., Viezens, B., & Vilgis, T. A. // *Food biophysics*. 2016. 11.1 P. 34—42.

9. Штонда, О. А. Перспективи використання фруктово-ягідної сировини у технології м'ясних натуральних напівфабрикатів / О. А. Штонда, В. М. Пасічний // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25, № 6. С. 194—200.

10. Осипова, І. Ю., Клименко, С. В. Біологічно активні речовини нетрадиційних плодовоягідних рослин. Матеріали міжнародної наукової конференції «Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень». Березоточа. 2006. С. 317—322.

11. Кишенько,І. І. *Технологія м'яса та м'ясопродуктів*. Практикум: навч. посібник / І. І. Кишенько, В. М. Старчова,Г. І. Гончаров // Нац. ун-т харч. технол. Київ: НУХТ, 2010. 367 с.

12. Пасічний,В. М. Оптимізація технологічних властивостей сировини у виробництві консервів з м'ясом птиці / В. М. Пасічний, П. М. Сабадаш, І. З. Жук // *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної академії ім. С. З. Гжицького*. 2004. Т. 7. № 2, Ч. 1. С. 227—230.

УДК 664.123.4:621.374

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE DIFFUSION JUICE PURIFICATION PROCESS USING NANO-SIZED ALUMINUM-CONTAINING COAGULANT

V. Olishevskyi, E. Babko, M. Tsiurpyta
National University of Food Technologies

Key words:
Diffusion juice,
Preliminary liming,
Nanocoagulant,
Cleaning

Article history:
Received 02.12.2023
Received in revised form 18.12.2023
Accepted 18.12.2023

Corresponding author:
babkoe@ukr.net

ABSTRACT

The existing traditional methods of intensification of diffusion juice purification, which are used in most plants of the beet processing industry of Ukraine, have a number of disadvantages, as they do not use the potential of the physicochemical pro - perties of calcium compounds. Therefore, the improvement of existing technological methods and devices for the purification of diffusion juice is urgent.

A promising direction for the removal of the main mass of non-sugars before the main defecation and carrying out the saturation process is the use of chemical reagents and sorbents with new molecular-kinetic and electro-surface properties.

In this work, a study was conducted on the use of the inorganic nano-sized aluminum-containing coagulant "Alyukol" of the new generation.

The purpose of the study is to improve the sedimentation and filtration properties of lime carbonated juice suspensions using a nano-sized aluminum-containing coagulant.

A method of processing diffusion juice with the simultaneous introduction of lime and nano-sized aluminum-containing coagulant is proposed. The results show that the processing of diffusion juice with the simultaneous introduction of lime and aluminum nanoparticles into the juice improves the sedimentation and filtration properties of suspensions and the quality indicators of carbonated juices.

Purification of diffusion juice using the aluminum-containing nanocoagulant "Alyukol" allows to improve the sedimentation and filtration properties of suspensions by 28.1—54.4%, to increase the purity of pre-liming and II saturation juices, while the overall effect of cleaning increases by 4.4—13, 2%, reduce the color of the purified juice by 7.8—23.1 units. ICUMSA, turbidity by 6.6—8.5 units. ICUMSA is comparable to a traditional cleaning scheme.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-12

© В. В. Олішевський, Є. М. Бабко, М. Є. Цюрпита, 2023

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОРОЗМІРНОГО АЛЮМІНІЙВМІСНОГО КОАГУЛЯНТУ

В. В. Олішевський, д-р технічних наук,
Є. М. Бабко, канд. техн. наук
М. Є. Цюрпита
Національний університет харчових технологій

Представлені результати підвищення ефективності процесу очищення дифузійного соку та його апаратурного оформлення з використанням нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту.
Наведено теоретичні передумови підвищення седиментаційно-фільтраційних властивостей суспензії соку в умовах прогресивного попереднього вапнування, а також шляхи підвищення агрегації та флокуляції речовин колоїдної дисперсності.
Отримані результати свідчать, що додавання нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту при попередньому вапнуванні сприяє додатковій коагуляції та осадженні частинок суспензій вапнокарбонізованих соків. При цьому підвищується дисперсність та однорідність частинок осаду соку I сатурації, покращуються його адсорбційні властивості.

Ключові слова: *дифузійний сік, попереднє вапнування, нанокоагулянт, очищення.*

Постановка проблеми. Підвищені вимоги до виробництва білого цукру з низьким вмістом золи, низькою каламутністю та кольоровістю як в Україні, так і країнах Європейської економічної зони, постійний ріст вартості енергоресурсів, вапняку й допоміжних матеріалів потребують постійного підвищення ефективності технологічного процесу очищення дифузійного соку та його апаратурного оформлення. Станція дефекосатураційного очищення дифузійного соку повинна бути гнучкою для переробки сировини різної технологічної якості, забезпечувати максимальне видалення нецукрів із нього, які в основному представлені високомолекулярними сполуками (ВМС) та речовинами колоїдної дисперсності (РКД) [1—5]. Від зазначеної величини залежить якість цукру, величина його втрат у виробництві внаслідок розкладання та вміст цукрози в мелясі.

Існуючі традиційні способи інтенсифікації вапнокарбонізованого очищення дифузійного соку, що застосовується на більшості заводах бурякопереробної галузі України, має низку недоліків, оскільки не використовує потенціал фізико-хімічних властивостей кальцієвих сполук. Унаслідок цього для переробки цукрових буряків потрібна значна витрата оксиду кальцію на очищення — до 1,5—2,0% CaO до їх маси, що значно перевищує теоретично необхідну для проведення реакцій осадження нецукрів за відносно низького ефекту очищення дифузійного соку, що досягається. Тому проблема розроблення нових і подальше удосконалення існуючих технологічних способів та апаратів для очищення дифузійного соку є актуальною і має важливе народногосподарське значення.

Перебіг фізико-хімічних процесів під час вапнокарбонізованого очищення ускладнюється нестабільним складом РКД дифузійного соку, які залежать як від якості бурякової сировини, так і від умов проведення процесу екстрагування сахарози в дифузійному апараті. Контактні взаємодії між частинками дисперсних фаз у суспензіях вапнокарбонізованих соків тісно пов'язані з електрокінетичними характеристи-

ками традиційного адсорбенту у виробництві цукру — карбонату кальцію. Дослідженню його електрокінетичних властивостей присвячено праці [6,7].

Одним із перспективних направлень з видалення основної маси нецукрів до основної дефекації та проведення процесу сатурації в гомогенному середовищі рідина—рідина є використання хімічних реагентів і сорбентів з новими молекулярно-кінетичними й електроповерхневими властивостями.

З огляду на це проведено дослідження з використання економічно та технологічно доцільного неорганічного нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту «Алюкол» нового покоління [8, 9], що дасть змогу вирішити питання підвищення ефективності очищення вапнокарбонізованих соків, і як результат, знизити собівартість товарного цукру, збільшити його конкурентоспроможність і прибуток підприємства, що є актуальним для вітчизняної бурякопереробної галузі.

Метою дослідження є підвищення седиментаційно-фільтраційних властивостей суспензій вапнокарбонізованих соків з використанням нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати доцільність використання нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту для інтенсифікації процесів очистки дифузійного соку;
- дослідити за типовою технологічною схемою вплив нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту на седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій та якісні показники вапнокарбонізованих соків.

Матеріали і методи. Для вивчення впливу розробленого неорганічного нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту «Алюкол» (рис. 1, табл. 1) [10] на седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій та якісні показники вапнокарбонізованих соків було проведено лабораторні дослідження за чотирма схемами (рис. 2):

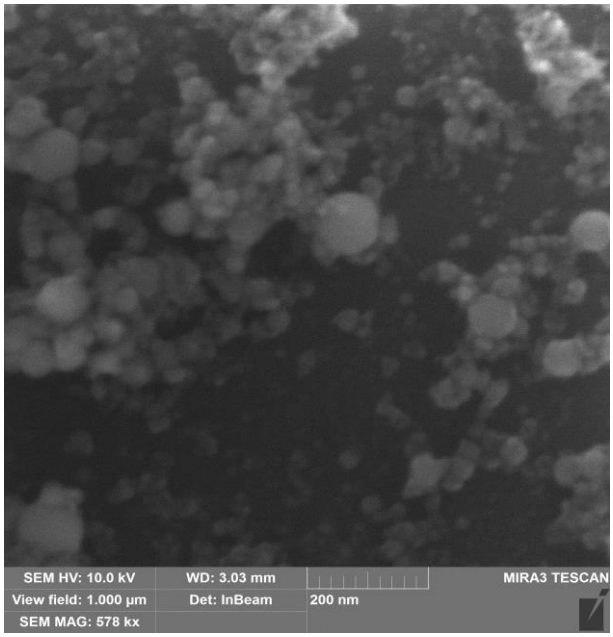


Рис. 1. Алюмінійвмісний нанокоагулянт «Алюкол», який одержано електроіскровим способом [12, 13]

Таблиця 1. **Характеристика алюмінійвмісного нанокоагулянта «Алюкол», який одержано електроіскровим способом [10,11]**

Показник	Значення показників
Концентрація *Al* в розчині, г/дм^3	2,2
Електрокінетичний потенціал, мВ	+ 32,3
Електропровідність, мСм/см	0,089
Розмір частинок твердої фази, нм	55—100
pH_{20}	5,1
Питома поверхня твердої фази, м^2/г	22,2

- *перша схема очищення* — типова з теплим попереднім вапнуванням за температури 60 °С, відділенням осаду після попереднього вапнування, тепло-гарячим (60 і 85 °С) основним вапнуванням, І сатурація, відділенням осаду після І сатурації, ІІ сатурація;
- *друга схема очищення* — типова з теплим попереднім вапнуванням за температури 60 °С і введенням 0,0001% до м.с. коагулянту «Алюкол» в зону pH 9,1 з відділенням осаду після попереднього вапнування, тепло-гарячим (60 і 85 °С)

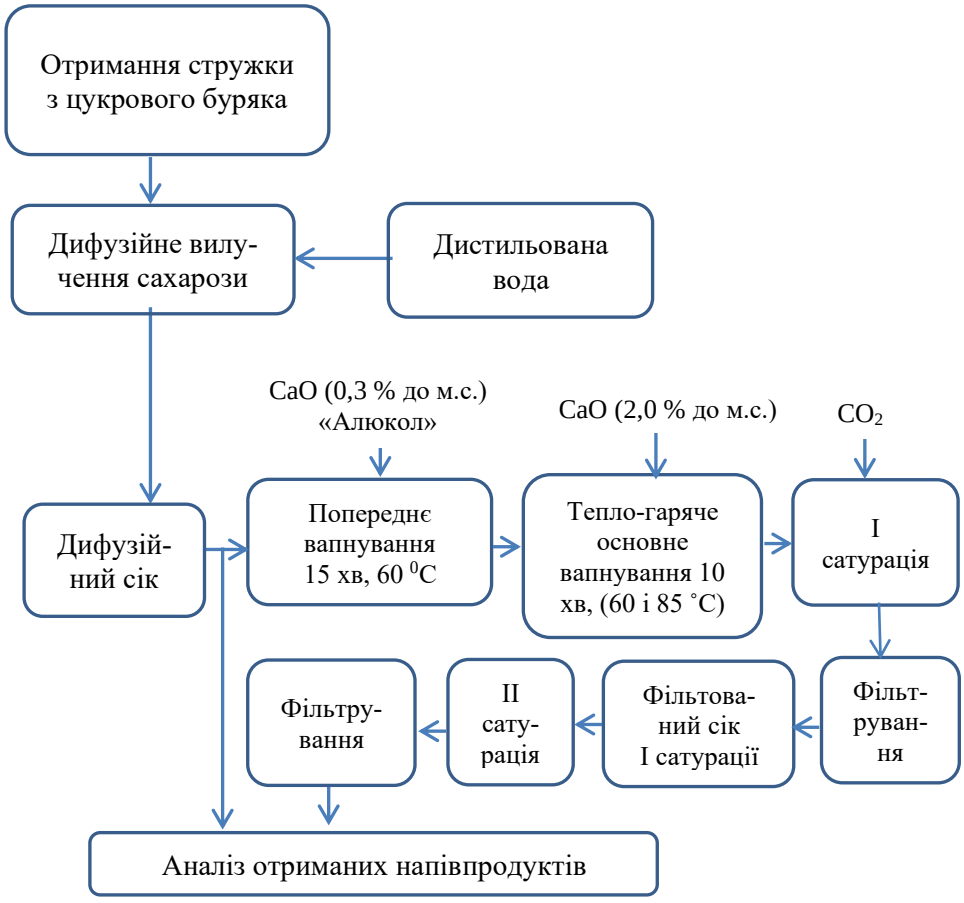


Рис. 2. Блок-схема проведення вапнокарбонізованого очищення дифузійного соку

основним вапнуванням, І сатурація, відділенням осаду після І сатурації, ІІ сатурація;

- *третя схема очищення* — типова з теплим попереднім вапнуванням за температури 60 °С і введенням 0,001% до м.с. коагулянту «Алюкол» в зону pH 9,1 відділенням осаду після попереднього вапнування, тепло-гарячим (60 і 85 °С) основним вапнуванням, І сатурація, відділенням осаду після І сатурації, ІІ сатурація;
- *четверта схема очищення* — типова з теплим попереднім вапнуванням за температури 60 °С і введенням 0,005% до м.с. коагулянту «Алюкол» в зону pH 9,1 з відділенням осаду після попереднього вапнування, тепло-гарячим (60 і 85 °С) основним вапнуванням, І сатурація, відділенням осаду після І сатурації, ІІ сатурація.

За допомогою лабораторної установки [12] отримували бурякову стружку із заданими геометричними параметрами, близькими до виробничих показників. Від загальної кількості отриманої стружки відбирали задану кількість порцій по 200 г, кожну з яких відважували на лабораторних вагах і поміщали в ємкість 500 см^3, в кожну з яких доливали по 200 см^3 дистильованої води, нагрітої до температури 72 °С з наступним їх розміщенням в водяній бані автоматичного термостатування. Дифундування сахарози здійснювали при температурі 73 °С та постійному перемішуванні протягом 60 хв. Після закінчення часу дифундування розділяли знецукрену бурякову стружку та дифузійний сік, який термостатували при температурі 20 °С і аналізували. Далі сік відповідно до вищеописаних схем досліджень піддавали фізико-хімічній очистці. Отримані напівпродукти аналізували за методиками [13, 14].

Результати досліджень. На основі теоретичних відомостей та отриманих експериментальних даних запропоновано спосіб оброблення дифузійного соку з одночасним введенням вапна та нанорозмірного алюмінійвмісного коагулянту. За описаними вище схемами очищення в умовах цукрового заводу ТОВ «Наркевицький цукровий завод» агропромхолдингу «Астарта-Київ» були проведені дослідження, з результатів яких з'ясовано, що оброблення дифузійного соку з одночасним введенням вапна і наночастинок алюмінію в соці покращує седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій та якісні показники вапнокарбонізованих соків (табл. 2). Досягнутий ефект пояснюється тим, що наночастинки алюмінію мають високу іонообміну здатність до негативно заряджених ВМС та РКД за рахунок високої дисперсності та нанорозмірності твердої фази алюмінію (55—100 нм). Додавання наночастинок алюмінію в дифузійний сік позитивно впливає на процес коагуляції ВМС та РКД за рахунок їх дегідратації, а ймовірність зіткнення більш рухомих потенціалотворюючих іонів Al^{3+} з реакційними групами ВМС та РКД підвищується. При цьому нецукри дифузійного соку після взаємодії з іоном Ca^{2+} мають можливість адсорбуватися на макромолекулах коагулянта алюмінію з утворенням частинок більших розмірів, які швидше осаджуються під дією сил тяжіння і менше стискаються, що в кінцевому результаті сприяє покращенню процесу фільтрації (рис. 3—5).

Такий механізм комплексного агрегатоутворення іонів Al^{3+} та Ca^{2+} з нецукрами при додаванні нанокоагулянта «Алюкол» в умовах попереднього вапнування підтверджується аналізом елементного складу осадів соків, де вміст Са в осаді попередньої дефекації збільшується на 30% (рис.3) та на 19% в осаді І сатурації (рис. 5).

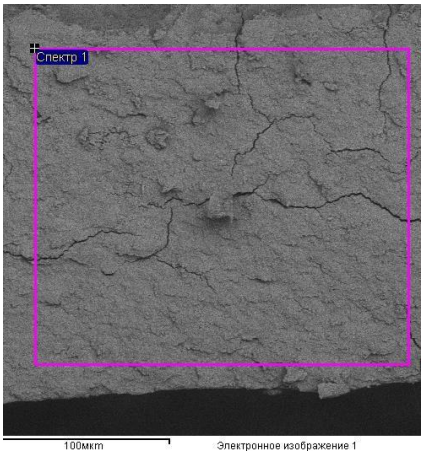
Як показали мікрофотографічні дослідження соків попередньої дефекації та І сатурації, частинки осаду, отриманого при додаванні нанокоагулянта «Алюкол» в зону pH_{20}=9,1 в умовах попереднього вапнування, відрізняються більш щільною, компактною структурою (рис. 4—5) порівняно з осадом, отриманим за типовою схемою очищення.

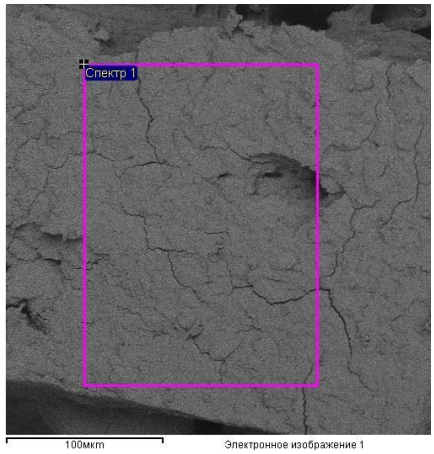
Таблиця 2. **Порівняльна оцінка якості очищеного соку при додаванні додаткового алюмінійвмісного нанокоагулянта «Алюкол» під час проведення попереднього вапнування**

Показник	Значення показників			
	Способи вапняково-вуглецевої очистки дифузійного соку			
	схема 1	розроблений (з додаванням «Алюкол»)		
		схема 2	схема 3	схема 4
Буряковийсік				
Чистота, %	88,0	88,0	88,0	88,0
pH_{20}	6,4	6,4	6,4	6,4
Дифузійний сік				
Вміст сухих речовин(СР), %	11,5	11,5	11,5	11,5
Чистота, %	90,4	90,4	90,4	90,4
Ефект очищення на дифузії, %	22,1	22,1	22,1	22,1
Попереднє вапнування дифузійного соку				
Зона додавання«Алюкол»,pH_{20}	9,1	9,1	9,1	9,1
Швидкість відстоювання (S_5), см/хв	3,1	3,8	4,6	5
% до типової	—	*22,6*	*48,4*	*61,3*
Об'єм осаду (V_{25}), %	29,4	20,4	15,3	13,4
% до типової	—	*30,6*	*48,0*	*54,4*
Вміст Ca^{2+} в осаді, ум.од.	3,0	9,2	—	—
% до типової	—	*208,1*	—	—
Коефіцієнт фільтрації (Fk)	5,7	4,1	3,1	2,6
% до типової	—	*28,1*	*45,6*	*54,4*
Чистота, %	91,1	91,4	91,5	91,7
% до типової	—	*0,3*	*0,4*	*0,7*
Локальний ефект очищення відносно дифузійного соку, %	8,0	11,4	12,5	14,8
% до типової	—	*42,4*	*56,5*	*84,5*
Фільтрований сік (сік II сатурації)				
Вміст РКД, г/100 г СР	0,485	0,415	0,358	0,292
% до типової	—	*14,4*	*26,2*	*39,8*
Вміст Ca^{2+} в осаді, ум.од.	30,3	36,0	—	—
% до типової	—	*18,8*	—	—
Каламутність, од.ICUMSA	61	57,0	47,0	43,0
% до типової	*0,0*	*6,6*	*17,5*	*8,5*
Кольоровість, од.ICUMSA	941	868	826	741
% до типової	—	*7,8*	*12,2*	*21,3*
Вміст солей Ca^{2+},г на 100 г СР	0,252	0,197	0,154	0,137
% до типової	—	*21,8*	*38,9*	*45,6*
Чистота, %	92,3	92,5	92,8	92,9
% до типової	*0,0*	*0,2*	*0,5*	*0,7*
Загальний ефект очищення, %	38,8	40,5	43,1	44,0
% до типової	—	*4,4*	*11,0*	*13,2*

Очищення дифузійного соку з використанням алюмінійвмісного нанокоагулянта «Алюкол», який одержано електроіскровим способом, що подається на попередню дефекацію, дає змогу покращити седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій за рахунок структури осаду та підвищення коефіцієнту фільтрації, на 28,1—54,4%, підвищити чистоту соків в умовах попереднього вапнування та II сатурації, відпо-

відно, на 0,3—0,7% та 0,2—0,7%, при цьому загальний ефект очищення підвищується на 4,4—13,2 %, знизити кольоровість очищеного соку на 7,8—23,1 од. ICUMSA, каламутність на 6,6—8,5 од. ICUMSA, вміст солей Ca^{2+} на 21,8—45,6% порівняно з традиційною схемою очищення.





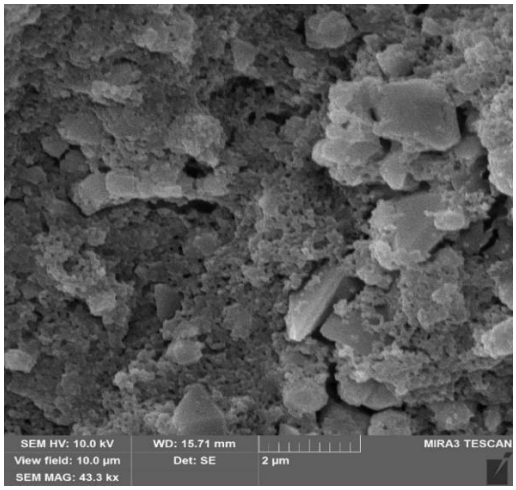
Спектр	C	O	Mg	Ca	Разом
Спектр 1	43.06	46.89	2.98	7.08	100.00
Середнє	43.06	46.89	2.98	7.08	100.00

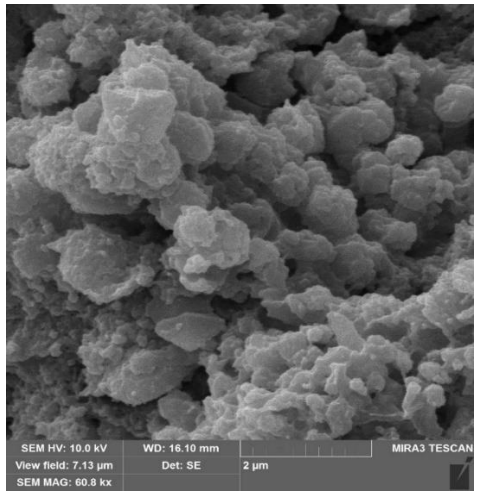
а

Спектр	C	O	Mg	Al	Ca	Разом
Спектр 1	41.76	45.42	3.64	0.00	9.18	100.00
Середнє	41.76	45.42	3.64	0.00	9.18	100.00

б

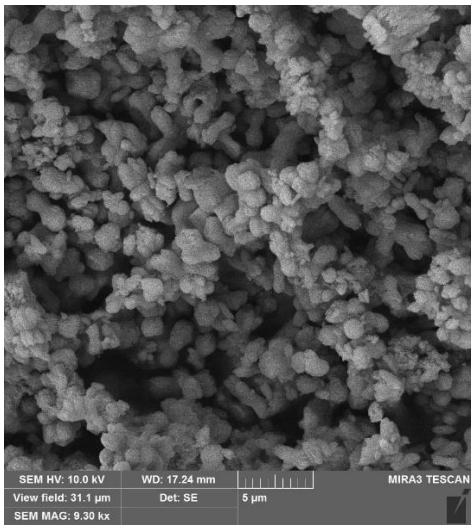
Рис. 3. Електронно-мікроскопічне зображення (SEM) та елементний склад осаду прогресивного попереднього вапнування дифузійного соку: *а* — за типовою схемою очищення дифузійного соку; *б* — при додаванні в зону pH_{20}=9,1 нанокоагулянта «Алюкол» в кількості 0,005% до м.с.





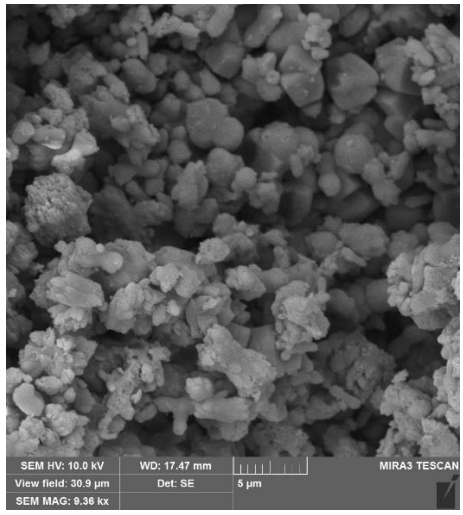
а *б*

Рис. 4. Фотографії осаду прогресивного попереднього вапнування дифузійного соку одержаного: *а* — за типовою схемою очищення дифузійного соку; *б* — при додаванні в зону pH_{20}=9,1 нанокоагулянта «Алюкол» в кількості 0,005% до м.с.



Спектр	C	O	Ca	Разом
Спектр 1	21.77	47.93	30.29	100.00
Среднє	21.77	47.93	30.29	100.00

а



Спектр	C	O	Al	Ca	Разом
Спектр 1	18.11	45.91	0.00	35.98	100.00
Среднє	18.11	45.91	0.00	35.98	100.00

б

Рис. 5. Електронно - мікроскопічне зображення осаду 1-ї сатурації процесу карбонатно-вуглецевої очистки дифузійного соку: *а* — за типовою схемою очищення дифузійного соку; *б* — при додаванні в зону pH_{20}=9,1 прогресивного попереднього вапнування дифузійного соку нанокоагулянта «Алюкол» в кількості 0,005% до м.с.

Висновки. На основі проведених досліджень застосування нанокоагулянта «Алю- кол» у технологічному процесі очищення дифузійного соку виявлено коагулюючу й адсорбційну здатність до нецукрів, в результаті чого спостерігається комплексне агрегатоутворення іонів Al^{3+} та Ca^{2+} з нецукрами. При цьому частинки осаду, от- риманого при додаванні в зону pH_{20}=9,1 прогресивного попереднього вапнування ди- фузійного соку нанокоагулянта «Алюкол» відрізняються більш щільною, ком пакт - ною структурою порівняно з осадом, отриманим за типовою схемою очищення.

Очищення дифузійного соку з використанням алюмінійвмісного нанокоагулянта «Алюкол», який одержано електроіскровим способом, що подається на поперед ню дефекацію, дає змогу покращити седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій за рахунок структури осаду та підвищення коефіцієнта фільтрації, на 28,1—54,4%, підвищити чистоту соків в умовах попереднього вапнування та II сатурації, від по- відно, на 0,3—0,7% та 0,2—0,7%, при цьому загальний ефект очищення підвищується на 4,4—13,2%, знизити кольоровість очищеного соку на 7,8—23,1 од. ICUMSA, каламутність на 6,6—8,5 од. ICUMSA, вміст солей Ca^{2+} на 21,8—45,6% порівняно з традиційною схемою очищення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Asadi, Mosen. Beet-sugar handbook / Includes bibliographical references and index// Published by John Wiley & Sons, Inc.,Hoboken, New Jersey, 2007. 868 p.

2. Mosen, A. Beet-sugar handbook. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2007. 868 p.

3. Рева, Л. П. *Фізико-хімічні основи технології процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру*: монографія. Київ, НУХТ, 2012. 371 с.

4. Логвін, В. М. Наукові основи та розроблення високоефективних технологічних процесів очищення дифузійного соку: автореф. дис д-ра техн. наук: 05.18.05. Київ, 2006. 48 с.

5. Гусятинська, Н. А. Наукове обгрунтування та розроблення фізико-хімічних методів інтенсифікації вилучення сахарози з цукрових буряків : дис. … д-ра техн. наук : 05.18 05. Київ, 2008. 627 с.

6. Олянська, С. П., Цирульнікова, В. В. Використання флокулянтів як спосіб підвищення ефективності очищення дифузійного соку. *Цукор України.* 2016. № 6—7. С. 18—26.

7. Хомічак, Л. М. Наукове обгрунтування та розроблення способів очищення дифузійного соку: автореф. дис. д-ра техн. наук: 5.18.05. Київ, 2003. 40 с.

8. ТУ У 20.1-2799900706-001:2020 коагулянт АЛЮКОЛ(алюміній колоїдний).

9. Олішевський,В. В. Науково-технічні засади застосування наноматеріалів для інтенсифікації масообмінних процесів харчових виробництв: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. Київ, 2021. 499 с.

10. ТУ У 20.1-2799900706-001:2020 коагулянт АЛЮКОЛ(алюміній колоїдний).

11. Пристрій для отримання колоїду металу: патент на корисну модель 130939 Україна. №u201809540; заявл. 21.09.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24. 3 с.

12. Люлька, О. М. Удосконалення робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2015. 140 с.

13. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики(ПУП) 15.83-37-106:2007 / розроб.: Ярчук М., Калініченко М., Чупахіна В.,Галацан Л. та ін. Київ: Цукор України, 2007. 420 с.

14. Спосіб очищення дифузійного соку: патент 104338 Україна. №a201204314; заявл. 06.04.2012; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2. 3 с.

УДК 664.65

COMPUTER MODELING OF THE PROCESS OF HEATING DOUGH BLANK FOR THE PRODUCTION OF LAVASH ENRICHED WITH FOOD ADDITIVES

O. Brukva, S. Blagenko, E. Babko, V. Olishevskyy
National University of Food Technologies

Key words:
Dough,
Gum,
Flour,
Density

Article history:
Received 05.05.2023
Received in revised form 26.10.2023
Accepted 27.10.2023

Corresponding author:
babkoe@ukr.net

ABSTRACT

Expanding the range of bakery products and increasing their demand requires manufacturers to adopt new approaches to equipment and technological support for their production.

At the same time, dough blanks are baked in ovens with different design characteristics, operating principles, heating methods and modes of their operation, which ultimately affects their quality characteristics of finished products.

Improving the processes of baking thin products that are enriched with food additives is an urgent task, the solution of which will ensure more efficient use of energy resources.

The purpose of the research is to improve the process of baking dough for Armenian pita bread enriched with food additives.

When baking bakery products, in most cases, the process of heat exchange is carried out by radiation, convection and heat conduction, but the dominant amount of heat is transferred by radiation. The heating of thin workpieces has its own characteristics, which are determined by its shape, size and thermophysical properties. The study of the heat exchange process was carried out using the Autodesk CFD modeling system.

The material of the research is dough from wheat flour of the highest grade for the production of pita bread enriched with food additives. Gum, wheat bran and oat flour were used as food additives. The research method is numerical simulation.

Numerical modeling of the heat exchange process in the furnace was carried out. Dough options for Armenian lavash without and with food additives were created and calculated.

It was established that the duration of heating the dough with additives is longer than without additives.

The closest to the baking process of the control sample was the dough sample with the recipe to which wheat bran was added, its temperature was 1.8% higher at the end of the process and 0.03% of the total average temperature throughout the process.

The obtained results indicate that the addition of food additives in the dough recipe affects the process of its baking. It was established that the duration of heating the dough with additives is longer than without additives. The need to adjust the process parameters, such as temperature and duration of stay in the furnace, is determined.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-13

© О. Ю. Бруква, С. І. Блаженко, Є. М. Бабко, В. В. Олішевський, 2023

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОГРІВАННЯ ТІСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАВАШУ, ЗБАГАЧЕНОГО ХАРЧОВИМИ ДОБАВКАМИ

О. Ю. Бруква,
С. І. Блаженко, канд. техн. наук,
Є. М. Бабко, канд. техн. наук,
В. В. Олішевський д-р технічних наук
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати комп'ютерного моделювання процесу прогрівання тістової заготовки для виготовлення лавашу, збагаченого харчовими добавками.
За допомогою програмного забезпечення Autodesk CFD були проведені дослідження чисельним моделюванням, створені та прораховані варіанти тіста для вірменського лавашу без та з додаванням до нього харчових добавок. Результати моделі підтверджують доцільність використання моделювання для розрахунку процесу прогрівання тіста-лаваша.
Отримані результати свідчать про те, що додавання харчових добавок у рецептурі тіста впливають на процес його випікання. Встановлено, що тривалість нагрівання тіста з добавками більша, ніж без добавок. Визначена необхідність регулювання параметрів процесу та тривалість перебування у печі.

Ключові слова: *тісто, камедь, борошно, теплоємність.*

Постановка проблеми. Розширення асортименту хлібобулочних виробів та підвищення на них попиту вимагає у виробників нових підходів до апаратурно-технологічного забезпечення їх виробництва.

При цьому випікання тістових заготовок відбувається в печах із різними конструктивними характеристиками, принципів роботи, способів обігріву та режим ів їх роботи, що в кінцевому варіанті впливає на якісні характеристики готових продуктів. Нині висока якість хлібобулочної продукції забезпечується не тільки практичними знаннями і великим досвідом фахівців, а й теоретичним знаннями, що необхідні для детального вивчення і моделювання процесів, які відбуваються у заготовці при випіканні, що важливо для подальшого розвитку пічної техніки. Для цього успішно використовуються інструменти як фізичного моделювання, так і сучасні програмні пакети автоматизованого проектування [1—8]. У літературі описані математичні моделі випікання масивних виробів (хліб, булки) і тонких виробів (лаваш, коржі). При цьому відсутні дані досліджень моделі прогріву тіл, які відносяться до перехідної області від тонких до масивних тіл. Тому удосконалення процесів випікання тонких виробів, які збагачені харчовими добавками, є актуальним завданням, вирішення якого забезпечить більш ефективне використання енергоресурсів [9—11].

У формуванні об'єму пшеничного хліба, структури та еластичності його м'якушки основна роль належить клейковинним білкам, які утворюють у тісті еластичний каркас, що забезпечує газо- і формоутримувальну здатність тіста, обумовлює хороші показники якості готових виробів. Для формування структури тіста і хліба з безглютенової сировини використовують харчові добавки — структуроутворювачі. Здебільшого це камеді рослинного або мікробіологічного походження, похід ні ефі-

рів целюлози, пектини, альгінати тощо [12]. Рослинні камеді відносяться до групи галактомананів — сахаридів, що складаються з манози і галактози в різному співвідношенні. Це нейтральні полісахариди без іонних властивостей. Камедь гуара має найкращу розчинність у холодній воді, утворює в'язкі псевдопластичні розчини, є хорошим емульгатором. Близькою за властивостями до камеді гуара є камедь тари. Камедь рожкового дерева у холодній воді не розчиняється, вона розчинна за температури 45 °С. Ці камеді зареєстровані як харчові добавки: камедь гуару — Е412, тари — Е417, рожкового дерева — Е410. Камеді гуара і тари широко використовуються у хлібопекарській, кондитерській, консервній промисловості як структуроутворювачі, загусники, вологоутримуючі агенти. Камедь рожкового дерева використовується в меншій мірі через погану розчинність у тістових системах, що мають температуру 28—32 °С. Ксантанова камедь (Е415) продукується мікроорганізмами *Xanthomonas campestris*. Вона являє собою екзополісахарид, головний ланцюг якого ідентичний молекулі целюлози, а бокові — це залишки молекул глюкози, манози, глюкуронової та піровиноградної кислот ацетильних груп [12]. За даними низки дослідників, ця камедь є кращим структуроутворювачем порівняно з іншими камедями, проявляє синергічні властивості за використання з камедями природного походження. Так, у Харківському державному університеті харчування та торгівлі доведена доцільність використання 0,2—0,3% цієї камеді до маси крохмалю в технології безбілкових хлібобулочних виробів [13]. У НУХТ розроблена технологія безглютенового хліба із суміші крохмалів і борошна круп'яних культур за використання як структуроутворювача 1% камедей гуару і ксантану у співвідношенні 70:30 [13]. Цю камедь успішно використовують також у технології кексів з рисового борошна. Проте широке використання цієї камеді дещо стримується її вартістю, яка значно дорожча за інші структуроутворювачі.

У пропонованому дослідженні вперше представлені результати моделювання в симуляційному середовищі програми Autodesk CFD процесу прогріву тонких тістових заготовок, які збагачені харчовими добавками.

Метою дослідження є удосконалення процесу випікання тіста для вірменського лавашу, збагаченого харчовими добавками.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити вплив температури робочої камери на тепломасообмінні процеси;
- обґрунтувати раціональні параметри режиму випікання тонких виробів з урахуванням моделювання в симуляційному середовищі програми Autodesk CFD.

Матеріали і методи. При випіканні хлібобулочних виробів у більшості випадків процес теплообміну здійснюється випромінюванням, конвекцією і теплопровідністю, але домінуюча кількість теплоти передається випромінюванням. Прогрів тонких заготовок має свої особливості, які обумовлені його формою, розміром і теплофізичними властивостями. Дослідження процесу теплообміну проводилось за допомогою системи моделювання Autodesk CFD.

Матеріалом дослідження є тісто з пшеничного борошна вищого сорту для виготовлення лавашу, збагаченого харчовими добавками. Як харчові добавки використовували камедь, пшеничні висівки та вівсяне борошно. Методом досліджень є проведення чисельного моделювання. Аналіз функціональних можливостей різного програмного забезпечення показав, що однією з найпоширеніших програм для дослідження гідродинаміки потоків рідин і газів та теплообміну є програма CFD компанії Autodesk, тому для чисельного моделювання використано саме її.

Результати досліджень. Температурний режим випікання кожного виду виробів

має свої особливості, на які також впливають сорт і хлібопекарські властивості борошна, рецептура тіста, тривалість кінцевого вистоювання, щільність завантаження пода печі, її конструкція тощо. Тривалість випікання виробів одного і того ж сорту не тільки в різних печах, а й в однакових може бути різною, що пояснюється різними тепловими і зволожувальними режимами, а також в якійсь мірі зміною якості сировини й тіста.

За допомогою програмного забезпечення Autodesk CFD проведені дослідження чисельним моделюванням процесу теплообміну в печі. Були створені та прораховані варіанти тіста для вірменського лавашу без додавання (контроль) та з додаванням до нього харчових добавок, в яких змінювались такі параметри як густина, коефіцієнт теплопровідності та теплоємність. Вихідні теплофізичні характеристики для моделювання процесу випікання тіста 4 варіантів наведено в табл.1—3.

Таблиця 1. **Густина тіста для вірменського лавашу, збагаченого харчовими добавками**

Густина тіста, кг/м^3			
Зразок 1 (пшеничне борошно)	з додаванням		
	зразок 2 (ксантанова камедь, 1%)	зразок 3 (пшеничні висівки, 25 %)	зразок 4 (пшенично-вівсяне(10%) борошно)
1100	1020	1064	985

Таблиця 2. **Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури тіста для вірменському лавашу, збагаченого харчовими добавками**

Температура, °С	Коефіцієнт теплопровідності тіста, Вт/(см·К)			
	Зразок 1 (пшеничне борошно)	з додаванням		
		зразок 2 (ксантанова камедь, 1%)	зразок 3 (пшеничні висівки, 25%)	зразок 4 (пшенично-вівсяне(10%) борошно)
30	0,003	0,0029	0,0027	0,0023
36	0,00356	0,0041	0,0034	0,0032
55	0,00377	0,0043	0,00362	0,00345
77	0,00382	0,00456	0,00374	0,00351
92	0,00445	0,00472	0,00433	0,00411
98	0,00604	0,0061	0,00591	0,00576
101	0,00637	0,00634	0,00618	0,006

Таблиця 3. **Залежність теплоємності від температури тіста для вірменському лавашу, збагаченого харчовими добавками**

Температура, °С	Теплоємністьтіста, Дж/(г·К)			
	Зразок 1 (пшеничне борошно)	з додаванням		
		зразок 2 (ксантанова камедь, 1%)	зразок 3 (пшеничні висівки, 25%)	зразок 4 (пшенично— вівсяне (10%) борошно)
30	2	1,73	1,95	1,63
36	2,34	1,85	2,27	1,78
55	3,09	2,83	3	2,57
77	4,3	4,02	4,19	3,87
92	4,7	4,18	4,6	4,03

Продовження таблиці 3

98	6,16	5,84	6,06	5,65
101	6,52	6,22	6,43	6,01

У програмі Autodesk Inventor Professional створена геометрична модель секції тунельної печі (рис. 1), прототипом якої є піч лінії АЛ-130, та проведено моделювання процесу теплообміну в системі Autodesk CFD і аналіз розподілу температури в довільному перетині моделі тунельної печі в довільний проміжок часу (рис. 2).

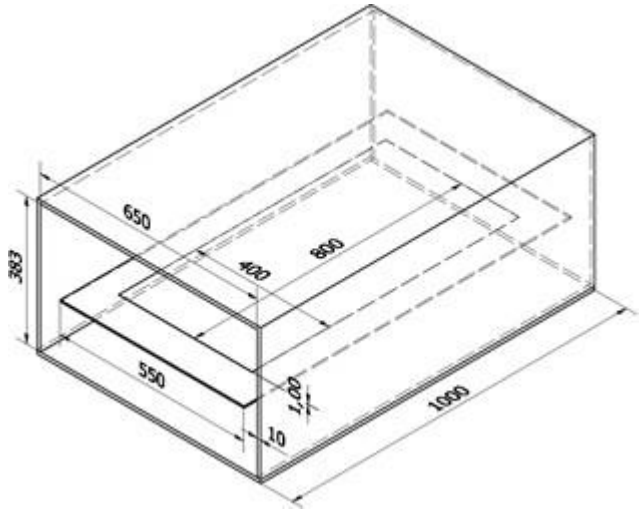


Рис. 1. Геометрична модель секції тунельної печі

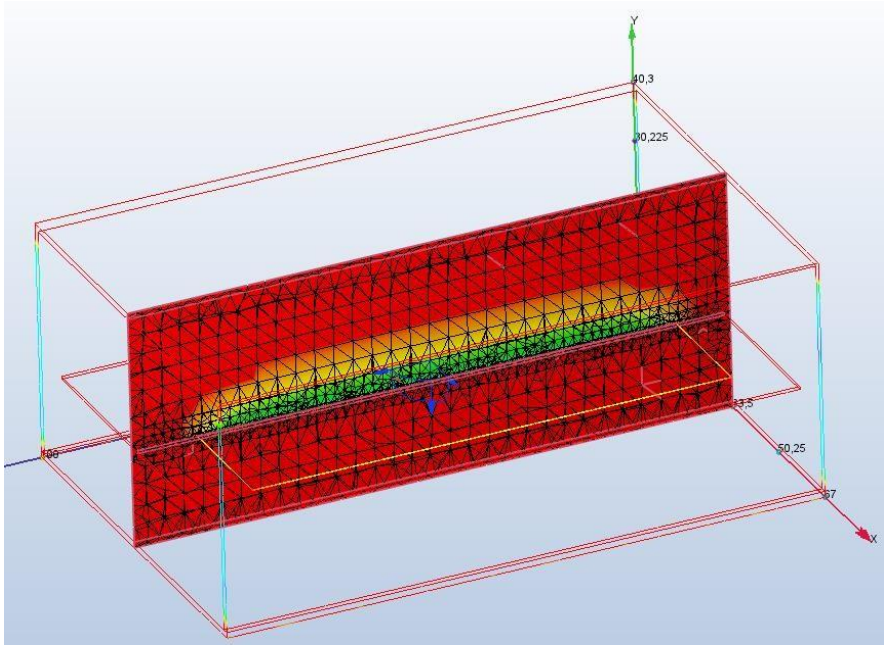


Рис. 2. Розподіл температури у повздовжньому перетині моделі

Дані досліджень свідчать (рис. 3—5), що значна різниця температур між лавашем і нагрітим повітрям печі обумовлює інтенсивну теплопередачу на крайніх ділянках заготовки, і тому високу температуру в крайніх точках.

Середні температури повздовжнього та поперечного перетину мають різницю менше 1%. Найбільша різниця є на 5 с процесу, що підкреслює те, що початок процесу є найбільш інтенсивним.

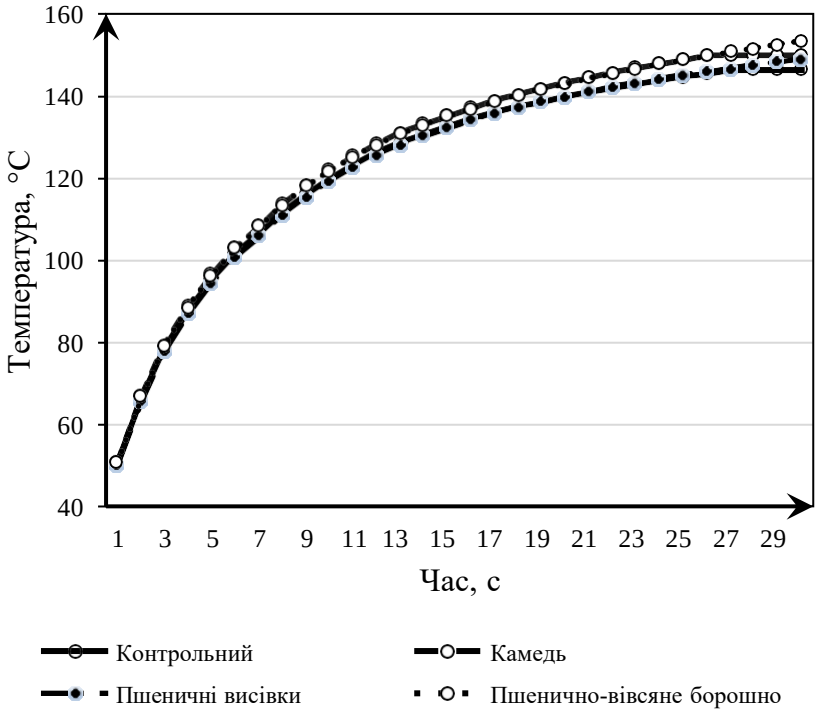


Рис. 3. Залежністьтемпературилавашу від часу нагрівання

Отримані результати свідчать, що додавання харчових добавок у рецептурі тіста впливає на процес його випікання. Встановлено, що тривалість нагрівання тіста з добавками більша, ніж без добавок.

Найбільш наближеним до процесу випікання контрольного зразка був зразок тіста з рецептурою, до якого додавалися пшеничні висівки, його температура була вищою на 1,8% в кінці процесу і на 0,03% загальної середньої температури протягом усього процесу, а найбільш віддаленим — четвертий, в рецептурі якого було пшенично-вівсяне борошно.

Температура борошна була вищою на 4,9% в кінці процесу і на 2,38% загальної середньої температури протягом усього процесу. Це підтверджує, що вид борошна впливає на процес випікання більше, ніж добавки. Отже, для того, щоб використовувати розглянуті рецептури, необхідно змінити параметри процесу, зокрема температуру в печі та (або) час перебування заготовки всередині печі приблизно на 5—10 с залежно від рецептури. Підбір цих параметрів вартий окремого дослідження, бо вирішення цього питання не є прямим, так як при різних температурах, процеси відбуваються по-різному і немає абсолютно прямо пропорційної залежності.

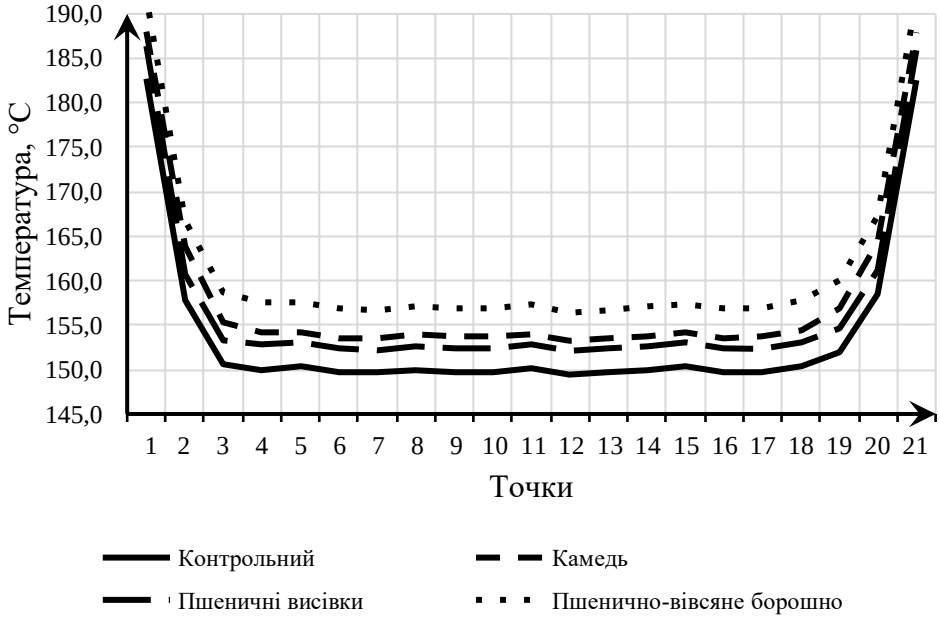


Рис. 4. Розподіл температури в різних точках повздовжнього перетину (30 с)

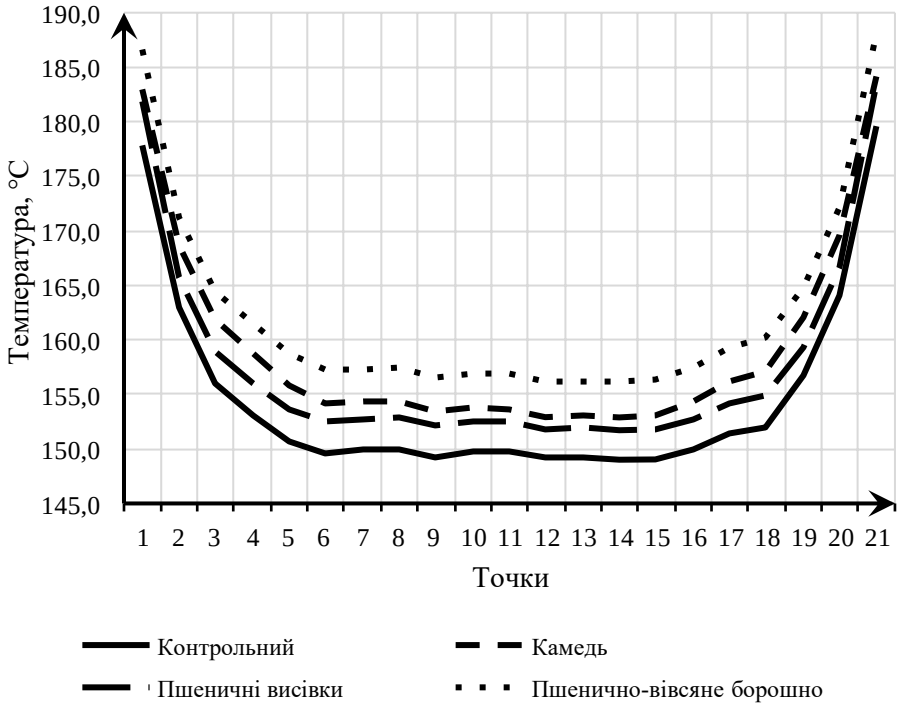


Рис. 5. Розподіл температури в різних точках поперечного перетину (30 с)

Висновки. Показано, що запропоноване комп'ютерне моделювання процесу прогрівання тістової заготовки надає можливість проводити комплексне дослідження процесу випікання в умовах одночасної зміни вхідних параметрів і граничних умов моделі. Результати запропонованої моделі, яка враховує ефективні теплофізичні характеристики, підтверджує доцільність використання моделювання для розрахунку процесу прогрівання тіста-лаваша.

Отримані результати свідчать про те, що додавання харчових добавок у рецептурі тіста впливає на процес його випікання. Встановлено, що тривалість нагрівання тіста з добавками більша, ніж без добавок. Визначена необхідність регулювання таких параметрів процесу, як температура і тривалість перебування у печі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhang, J. and Datta, A.K. Mathematical modeling of bread baking process. *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 75. Pp. 78—89.

2. Arpita Mondal, A. K. Datta. Two-dimensional CFD modeling and simulation of crustless bread baking process. *Journal of Food Engineering*. 2010.Vol. 99, Iss. 2. Pp. 166—174.

3. Zhang, L., Doursat, C., Vanin, F. M., Flick, D. and Lucas, T. Water lossand crust formation during breadbaking. Part I: Interpretation aided by mathematical models with highlights on the role of local porosity. Drying Technology. 2017. Vol. 35. Pp. 1506—1517.

4. M. Micaela, Ureta, Yves, Diascorn,Mireille Cambert, Denis Flick, Viviana O. Salvadori and Tiphaine, Lucas. Water transport during bread baking: Impact of the baking temperature and the baking time, *Food Science and Technology International*. 2018. Vol. 0(0). 1—11 P.

5. Urosh Kokolj, Leopold Shkerget, Jure Ravnik. A numerical model of the s hortbread baking process in a forced convection oven. Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 111, Pp. 1304—1311.

6. Десик, М. Г., Теличкун, В. І., Теличкун, Ю. С., Германчук, А. І. Дослідження впливу геометричних параметрів хліба на тепломасообмінні процеси. Харчова промисловість. 2012. № 12. С. 203—207.

7. Десик, М. Г., Теличкун, Ю. С., Литовченко, І. М., Теличкун, В. І. Математичне моделювання прогріву тістової заготовки циліндричної форми. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. Т. 22, № 4. 134—140.

8. Дудко, С. Д. Досягненняі проблеми у вивченні процесу випікання масивних борошняних виробів: огляд літератури. Частина 1: внутрішній тепломасообмін у тісті-хлібі. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Том 25, № 3.

9. Rosell, C. M., Santos, E., and Collar, C. Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab. *European Food Research Technology*, 2010. Vol. 231, Pp. 535—544.

10. Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kuhne,B., Van de Walle, D., Courtens, T. M. and Gellynck, X. Nutritional value of bread: influence of processing, Food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 2008. Vol. 48, Pp. 243—257.

11. Bonnand-Ducasse, M., Della Valle, G., Lefebvre, J., and Saulnier, L. Effect of wheat dietary fibres on bread dough development and rheological properties. *Journal of Cereal Science*. 2010. Vol. 52. Pp. 200—206.

12. Дорохович, А. М., Оболкіна, В. І., Гавва, О. О., Кияниця,С. Г. Нові види гідроколоїдів і можливість їх використання при виробництві кондитерської продукції. *Вісник Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*. Дон.: ДонДУЕТ, 2004. № 1. С. 36—46.

13. Луньова,О. С., Кучерук, З.І. Наукове обґрунтування технології дієтичних і безбілкових хлібобулочних виробів. Харчова наука і промисловість. 2011. № 1(14). С. 25—30.

УДК 665.58

CHANGE OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF A SUSPENSION OF MEDICINAL AND COSMETIC PRODUCTS DURING GRINDING IN BEAD MILLS

K. Hrininh, O. Gubenia
National University of Food Technologies

Key words:
Bead mill,
Grinding,
Rheology,
Suspension,
Viscosity

Article history:
Received 20.11.2023
Received in revised form 19.12.2023
Accepted 19.12.2023

Corresponding author:
neackriss@gmail.com

ABSTRACT

Evaluation of rheological characteristics is an integral and important part of research on the creation of soft dosage forms, which affect such technological parameters of the systemas emulsification, transportation, and also ensure proper consumer properties (spreadability, uniformdistribution and fixation on the surface.

The rheological properties of drug and cosmetic suspensions during grinding in a bead mill were studied. The suspension was prepared according to the recipe: pigment iron oxide red 120 — 40% and castor oil — 60%. The duration of grinding is 45 minutes (2700 s). During grinding, the bead mill chamber was sampled every 5 minutes (300 s) and the shear stress at different values of the shear rate was measured. Rheological characteristics – viscosity and shear stress were studied on a rotary viscometer.

The flow curves of castor oil and suspension were constructed and it was established that, based on it, within the studied range, the nature of the flow does not change depending on the duration of the measurements. The analysis of the suspension curve during grinding revealed features that explain the formation and the structure formation. The dependence of effective viscosity on the shear rate when grinding the suspension has a power-law character and confirms the non-Newtonian nature and is defined as a linear plastic body.

The temperature dependence of the effective viscosity of castor oil and suspension was compared. The viscosity of both tested substances varies logarithmically for all investigated temperature values and is equal to 1,011 Pa·s for castor oil, which corresponds to the value in the manufacturer's specification, and 2,127 Pa·s for the suspension based on castor oil. The suspension under study has 2,1 times higher viscosity compared to castor oil, according to the high content of solids (40%) and the increase in the newly formed area during the ultrafine grinding process.

The obtained results of research on the rheological properties of the suspension allow us to monitor and adjust the parameters of ultrafine grinding process for achieving the required product quality.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-14

© К.Р. Грінінг, О.О. Губеня, 2023

ЗМІНА РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУСПЕНЗІЇ ЛІКАРСЬКИХ І КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАС ПОДРІБНЕННЯ В БІСЕРНИХ МЛИНАХ

К.Р. Грінінг,
О.О. Губеня, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

Реологічні властивості суспензій рицинової олії та суспензії для косметичних засобів на її основі під час подрібнення в бісерному млині у межах дослідженого діапазону залежно від тривалості вимірювань не змінюються. Залежність в'язкості від швидкості зсуву під час подрібнення суспензії має степеневий характер і підтверджує неньютонівський характер. В'язкість змінюється логарифмічно для всіх значень температури і становить 1,011 Па·с для рицинової олії та 2,127 Па·с для суспензії на її основі. Суспензія має у 2,1 раза більшу в'язкість порівняно з рициновою олією, що пояснюється високим вмістом сухих речовин (40%) та збільшенням новоутвореної площі під час надтонкого подрібнення.

***Ключові слова**: бісерний млин, подрібнення, суспензія, реологія, в'язкість.*

Постановка проблеми. Для виготовлення рідких та м'яких гетерогенних лікарських форм і косметичних засобів широко використовують різного роду суспензії на основі рослинних жирів [8]. Застосування таких матеріалів вимагає забезпечення показників стабільності, зручності дозування і застосування, а також реологічних властивостей дисперсії, що відповідають вимогам застосування, а саме: володіти стійкістю до агрегації частинок і розшарування [6, 7].

Оцінка реологічних характеристик — невід'ємний і важливий фрагмент досліджень щодо створення м'яких лікарських форм, [7], які впливають на технологічні параметри системи — транспортування, емульгування, заповнення аерозольних балонів, а також забезпечують належні споживчі властивості (намащуваність, рівномірний розподіл і фіксацію на поверхні [6].

Наявних у літературі даних про зміну реологічних властивостей суспензій на основі рослинних жирів під час їх оброблення в бісерному млині є недостатньо.

Існує велика кількість класифікацій продуктів, зважаючи на реологічні властивості. Залежно від класифікації реальних дисперсних систем за структурно-механічними властивостями розрізняють [13, 14, 17]:

Таблиця 1. **Класифікація реальних дисперсних систем за структурно-механічними властивостями**

№	Клас дисперсної системи	Властивості	Приклади
1.	Коагуляційні структури	Утворюються шляхом взаємодії між частинками та молекулами за рахунок ван-дер-ваальсових сил зчеплення. Мають властивість тиксотропії	Мазі, пасти (зубні, зовнішнього застосування та концентрати пігментних заготовок), блиски для губ, рідкі помади
2.	Коагуляційно-кристалізаційні структури	Зв'язнодисперсні системи — системи із твердим дисперсійним середовищем. Надають тілам міцності, крихкості і не відновлюються після руйнування	Метали, сплави, кераміка, бетон, губні губні помади, лак для нігтів (включаючи гель-лаки)

Серед дисперсних продуктів найчастіше зустрічаються системи із коагуляційною структурою [14]. Крім того, варто врахувати те, що більшість м'яких лікарських форм і косметичної продукції є суспензоїдами і вимагають застосування емульгаторів [2, 17].

Спираючись на узагальнену класифікацію, було здійснено аналіз реологічних систем, які можливо обробляти на бісерному млині (табл. 2):

Таблиця 2. **Дисперсні системи, які можливо обробляти на бісерному млині** [12, 13, 14, 17]

№	Реологічний тип дисперсної системи	Властивості	Приклади
Неньютонівські рідини з реологічними характеристиками, що не залежать від часу			
1.	Бінгамівські пластичні рідини (бінгамівські пластики)	Структура повністю руйнується і тече. Пізніше структура відновлюється. Властива адгезія	Шоколадні суміші, олійна фарба, зубна паста
2.	Псевдопластичні рідини (псевдопластики)	В'язкість рідини зменшується зі збільшенням напружень зсуву. Властива адгезія	Цукрові розчини, цукеркові маси, фарби, кров, клей
Неньютонівські рідини з реологічними характеристиками, які залежать від часу			
1.	Тиксотропні рідини	Здатність зменшувати в'язкість від механічного впливу та збільшувати в'язкість у стані спокою	Какао терте, цитоплазма клітин, лак для нігтів
2.	Реопектичні рідини	Послідовне структуроутворення під час зсуву (зворотна властивість тиксотропії)	Гіпсові пасти, принтерне чорнило, деякі мастильні матеріали

Немає чітко встановленої норми щодо особливостей реологічних властивостей м'яких лікарських засобів для місцевого застосування. Державна фармакопея України та European Pharmacopoeia зазначають, що залежно від їх структури мазі, креми та гелі виявляють в'язко-пружні властивості, а за високих швидкостей зсуву характеризуються неньютонівським типом течії: псевдопластичним або пластичним, проявляючи тиксотропні властивості. Пасти зазвичай виявляють дилатантність.

Щодо косметичних продуктів в Україні наразі не передбачено єдиного регламентуючого документа. Виробники самостійно розробляють ТУ, спираючись на затверджені ДСТУ та європейський регламент ЄС (Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on Cosmetic Products). У вищезазначених документах прописано, що продукти мають бути однорідними, гладкими, без сторонніх домішок, рівномірно забарвлені або незабарвлені, мати колір, встановленомий у технічних вимогах на косметичний продукт певної назви.

Вимірювання в'язкості лакофарбових матеріалів, зазвичай, проводиться віскозиметром Брукфільда (ISO 2555) або віскозиметром ВЗ-246 за ДСТУ ISO 2431:2015. Вищезазначені методики не надають можливості отримати точне значення динамічної чи умовної в'язкості, адже він заснований на вимірюванні шляхом обчислення часу, необхідного для закінчення заданого обсягу матеріалу через певний переріз і не забезпечує необхідної точності вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення м'яких лікарських засобів і косметичних продуктів із наперед заданими властивостями тісно пов'язане з розкриттям закономірностей між властивостями матеріалу диспергованих частинок,

поведінкою елементів мікроструктури під час течії дисперсної системи та реологічною поведінкою дисперсного матеріалу в різних середовищах, в яких відбувається процес подрібнення [1].

В Україні активно проводяться розробки та дослідження нових м'яких лікарських засобів різного призначення і форм, від дерматологічних [3] до гінекологічних [6]: для терапії опікових ран легкого ступеня [5], для лікування ранового процесу [11], консервативного лікування дерматологічних ускладнень цукрового діабету [8], для терапії та профілактики алопеції [7] тощо.

Проводяться активні реологічні дослідження різноманітних розроблених мазевих композицій: з амінексилом і аргановим маслом [7]; з екстрактами кори осики та декаметоксином на поліетиленоксидній основі [1]; крем із ліпофільним екстрактом насіння моркви дикої [5]; м'які лікарські засоби для гінекології (пінний аерозоль, лікарські плівки, емульсії, креми та гелі) [6]; гель з густим екстрактом лопуха з гідроксиметилцелюлозою [3], супозиторії з клопідогрелем [10] тощо. Досліджувані об'єкти є неньютонівськими рідинами з пластичним типом і нижньою межею течії, тому їх можна віднести до структурованої системи, адже течія досліджуваних зразків спостерігається після певного зусилля. Всі аналізовані системи мають тиксотропні властивості, оскільки зі зменшенням напруження зсуву в'язкість і структура основи відновлюються, що забезпечує здатність розріджуватись під час нанесення на шкіру, намазуватися на неї та, за відповідних умов (температура), екструдуватися з туб [1, 5].

Гладух та ін. [2, 3] проводили дослідження з розробки складу гелю для застосування в дерматології [2], що містить густий екстракт лопуха, та оцінювали вплив ПЕГ-40 (гідрогенізована рицинова олія) [3], що використовується як емульгатор і модифікатор в'язкості в технології м'яких лікарських форм. Встановлено, що гелева основа з гідроксиметилцелюлозою [2] та м'які лікарські форми з додаванням ПЕГ-40 [3] належать до неньютонівських типів течії з пластичними властивостями, мають тиксотропність, а досліджувані гелі характеризуються як структуровані дисперсні системи та дають змогу віднести досліджувані об'єкти до структурованих систем з певною плинністю. Розраховане значення механічної стабільності гелевих основ надає можливість прогнозувати стабільність під час гомогенізації та зберіганні готового лікарського засобу.

Yue [21] досліджував реологічний вплив на ультратонке подрібнення в бісерному млині, де досліджуваною речовиною була водна суспензія кварцових частинок. Подрібнювальна суспензія демонструє ньютонівську або псевдопластичну поведінку в діапазоні досліджуваних умов. Межа текучості є домінуючим реологічним параметром, який впливає на продуктивність помелу. Низька межа текучості сприяє високій швидкості руйнування, вузькому розподілу розмірів і збільшенню виробництва дрібних частинок.

Ouattara та ін. [20] досліджували виробництво суспензій кальциту у присутності поліакрилату натрію за допомогою процесу мокрого подрібнення в бісерному млині. Було визначено, що суспензії, які подрібнюються, мають властивість розрідження під час зсуву. Також для суспензії з меншою концентрацією поводяться як ньютонівські рідини. Чим вища тверда масова частка, тим вища в'язкість суспензії. Таким чином, підвищуючи концентрацію твердої речовини, плинність суспензії зменшується.

Згідно з Ding та ін. [16] для низьких масових часток твердої речовини відстань між частинками достатньо велика, і частинки можуть рухатися у вільному індиві-

дуальному русі. Крім того, це покращує плинність суспензії. Висока масова частка твердої речовини спричиняє малу середню відстань між частинками, тож взаємодії між частинками стають більш поширеними, оскільки вільний рух частинок порушується [18]. Також можуть виникати явища часткової агрегації, що призводить до важливих реологічних змін.

Мета досліджень: дослідити зміни реологічних властивостей суспензії на основі рослинних жирів як модельного тіла в бісерному млині.

Матеріали і методи. Дослідження процесу надтонкого подрібнення суспензій проводили на експериментальному стенді на основі бісерного млина періодичної дії.

Суспензію готували таким чином: пігмент залізоокисний червоний 120 — 40% та рицинова олія — 60%. Тривалість подрібнення у млині — 45 хв (2700 с). З камери бісерного млина кожні 5 хв (300 с) відбирали проби для вимірювання реологічних характеристик.

Дослідження реологічних характеристик проводилися на ротаційному віскозиметрі РЕОТЕСТ 2 (рис. 1 та 2) [9].

Температура досліджуваного матеріалу підтримувалась за допомогою циркуляційного термостата.

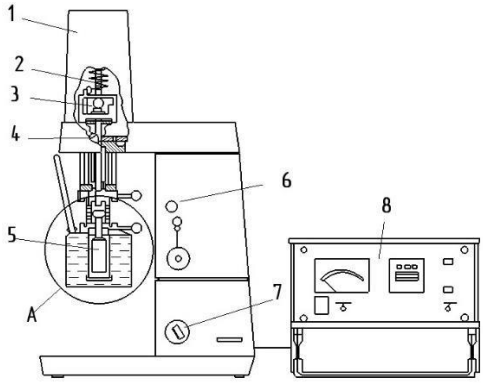


Рис. 1.Схема ротаційного віскозиметра РЕОТЕСТ 2: 1 — корпус віскозиметра; 2 — динамометр; 3 — потенціометр; 4 — вимірювальний механізм; 5 — циліндричний пристрій; 6 — шкала числа обертів, 7 — перемикач числа обертів (а — б), 8 — блок вимірювань

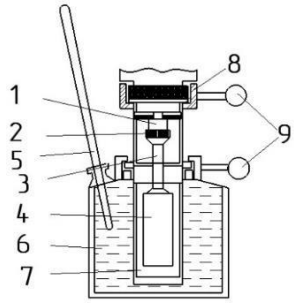


Рис. 2. Циліндричний вимірювальний пристрій: 1 — муфта; 2 — втулка; 3 — вал; 4 — циліндр; 5 — термометр; 6 — термостатична камера; 7 — вимірювальна ємкість; 8 — натяжне кільце; 9 — важіль

Для дослідження суспензійної маси використано циліндричний вимірювальний пристрій *H*, у якому матеріал знаходиться в зазорі між нерухомою пластиною і циліндром радіусом *R*, що обертається зі швидкістю ω.

Суспензію поміщали в ємність циліндричного пристрою, який встановлюється на віскозиметр і закріплюється натяжним кільцем.

Значення реологічних параметрів визначалися за формулами:

- напруження зсуву:

$$\tau = c \cdot \alpha, \text{ Па}, \quad (1)$$

де α — величина поділок шкали; *c* — стала величина циліндра, 10^{-1} Па/поділок шкали.

- ефективна в'язкість:

$$\eta = \tau/\gamma, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (2)$$

де γ — швидкість зсуву, $с^{-1}$.

Стала циліндра, що залежить від геометричних розмірів вимірювального циліндра і сталої пружності пружини динамометра, вказана для кожної вимірювальної системи окремо в акті випробування РЕОТЕСТ 2.

Швидкість зсуву γ в циліндроподібному зазорі залежить від його геометричних розмірів і швидкості обертання вимірювального циліндра, і вказана в таблиці ступенів для всіх швидкостей обертання.

Результати досліджень. Отримані результати дають змогу побудувати криву течії рицинової олії під час диспергування (рис. 3).

У межах дослідженого діапазону рицинова олія не змінює характер течії незалежно від часового проміжку.

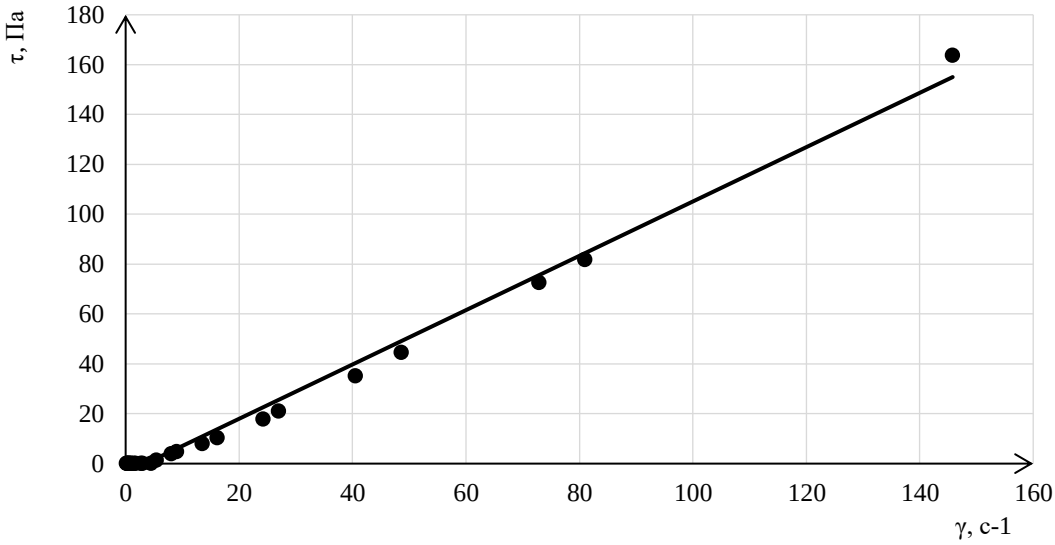


Рис. 3. Експериментальна крива течії рицинової олії за нормальних умов (20 °С)

Рицинова олія є стабільною речовиною і зміна швидкості зсуву приводить її в новий структурний стан. З наведеної на рис. 3 залежності напруження зсуву від швидкості зсуву можна зробити висновок, що рицинова олія відноситься до ньютонівської рідини.

Крива течії описується лінійною залежністю:

$$\tau = 1{,}0894\gamma - 3{,}8078. \quad (3)$$

Отримано залежність ефективної в'язкості рицинової олії від швидкості зсуву (рис. 4).

Ця залежність має логарифмічний характер.

Отримано криву течії суспензії під час подрібнення (рис. 5). Встановлено, що в межах досліджуваного діапазону суспензія не змінює характер течії залежно від тривалості подрібнення.

Утворена однорідна гомогенна структура суспензії є стабільною системою, а зміна швидкості зсуву приводить систему в новий структурний стан. Процеси руйнування і відновлення структури суспензії перебувають у досліджуваному діапазоні швидкості зсуву в рівноважному стані.

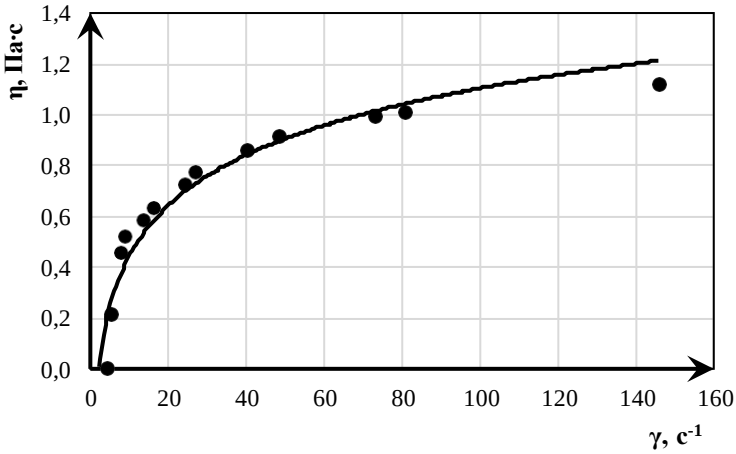


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву рицинової олії за нормальних умов (20 °С)

Отримано рівняння залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву:

$$\eta = 0{,}2863 \ln(\gamma) - 0{,}2149. \quad (4)$$

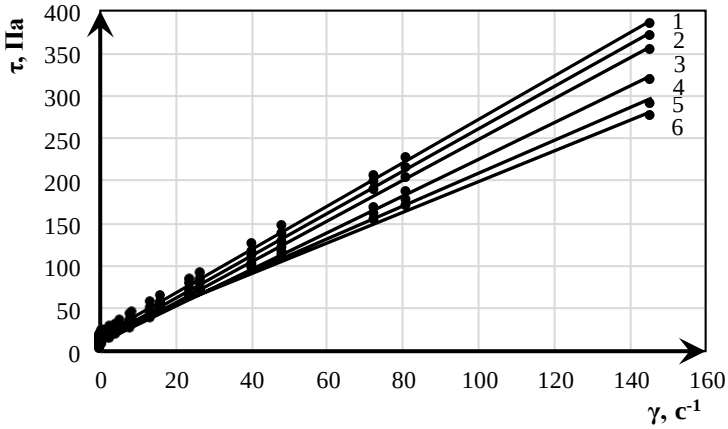


Рис. 5. Експериментальна крива течії суспензії за стандартних умов (20 °С): 1 — 0 хв; 2 — 5 хв; 3 — 10 хв; 4 — 15 хв; 5 — 35 хв; 6 — 45 хв

Отримаємо сімейство прямих ліній з різними кутами нахилу для кожного випадку:

$$\begin{cases} \tau = 2{,}5457\gamma + 17{,}735 & \text{(1 зразок);} \\ \tau = 2{,}4853\gamma + 12{,}678 & \text{(2 зразок);} \\ \tau = 2{,}3965\gamma + 9{,}0083 & \text{(3 зразок);} \\ \tau = 2{,}1541\gamma + 9{,}9171 & \text{(4 зразок);} \\ \tau = 1{,}9275\gamma + 16{,}375 & \text{(5 зразок);} \\ \tau = 1{,}802\gamma + 18{,}994 & \text{(6 зразок).} \end{cases} \quad (5)$$

Систему прямих можна описати одним рівнянням залежності напруження зсуву від швидкості зсуву:

$$\tau = (-0{,}015t + 2{,}5)\gamma + 0{,}3t + 5{,}8. \quad (6)$$

Як видно з рис. 5, усі досліджувані зразки суспензії є неньютонівськими рідинами з пластичним типом і нижньою межею текучості. Течія досліджуваних зразків починається після певного зусилля, що пояснюється утворенням і формуванням структури. Аналізовані системи не мають тиксотропні властивості, оскільки зі зменшенням напруження зсуву в'язкість і структура основи не відновлюються, що підтверджується відсутністю петель гістерезису [4]. Стала величина у формулі є граничним напруженням зсуву утвореної структури суспензії, яка досягається у межах швидкості зсуву 150 $с^{-1}$.

Отримані експериментальні дані дають змогу визначити зміну ефективної в'язкості суспензії під час подрібнення та її залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву, що підтверджує її неньютонівський характер (рис. 6).

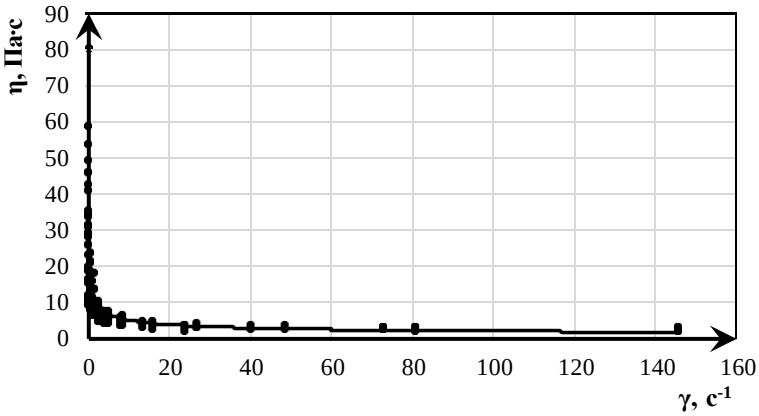


Рис. 6. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву при подрібненні

Отримана формула залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву при подрібненні суспензії:

$$\eta = 13{,}325\gamma^{-0{,}443}. \quad (7)$$

Ця залежність має степеневий характер.

Проведено порівняння залежності ефективної в'язкості рицинової олії та суспензії від температури. В'язкість обох досліджуваних речовин змінюється логарифмічно для всіх досліджених значень температури (рис. 7).

У результаті математичного оброблення експериментальних даних отримано рівняння залежності ефективної в'язкості рицинової олії від зміни температури:

$$\eta = -1{,}974 \ln(t) + 6{,}9243, \quad (8)$$

що становить 1,011 Па·с і відповідає значенню у специфікації від виробника (1,0 Па·с).

Також була отримана залежність ефективної в'язкості суспензії від зміни температури:

$$\eta = -1{,}961 \ln(t) + 7{,}9983, \quad (9)$$

що становить 2,127 Па·с, та у 2,1 раза більше за в'язкість чистої рицинової олії.

Досліджений готовий продукт порівняно з чистою рициновою олією має у 2,1 раза більшу в'язкість. Це пояснюється значним вмістом сухих речовин (40%) і збільшенням новоутвореної площі під час подрібнення. Дуже висока динамічна в'язкість рицинової олії (1,0 мПа·с при 20 °С, в той час як у переважної більшості рідких рослинних олій становить 50—80 мПа·с при 20 °С) обумовлена в першому випадку асоціацією молекул за рахунок водневих зв'язків гідроксильної групи, у другому — швидкою полімеризацією сполучених полієнових ацильних груп [13].

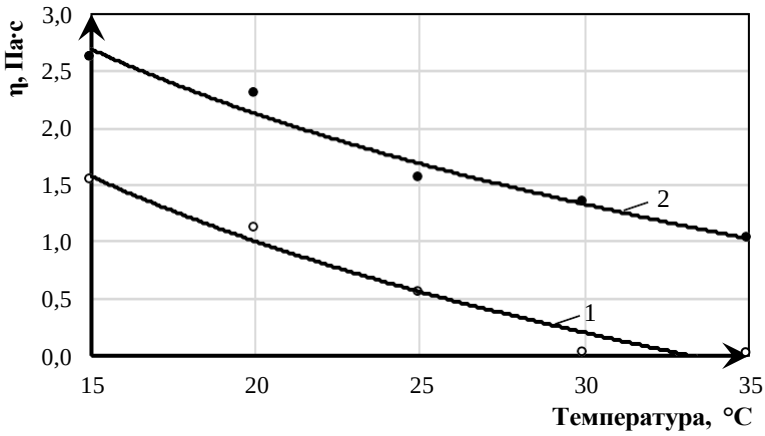


Рис. 7. Залежність ефективної в'язкості від зміни температури:
1 – рицинова олія; 2 - суспензія

Суспензії представляють собою дисперсні системи з коагуляційним типом структури. Між окремими ланцюгами під час утворення коагуляційної структури знаходиться тонкий прошарок рідини дисперсійного середовища. Вона взаємодіє з частинками структури та надає системі певні реологічні властивості. На відміну від ньютонівських рідин в'язкість таких систем виявляє залежність напруження зсуву від швидкості зсуву [5, 6].

В'язкість суспензії залежить від в'язкості дисперсійного середовища і концентрації твердих частинок, розмірів частинок та агрегацій, а також взаємодії між частинками та макромолекулами. Міжчастинкові та міжмолекулярні взаємодії визначають структуру дисперсії і, відповідно, її реологічні властивості [6].

Зменшення концентрації сухих речовин у суспензії зменшує моментальні затрати енергії, але, водночас, збільшує час знаходження продукту в камері, і, відповідно, збільшує загальну енергоємність процесу [15, 19].

Отримані результати досліджень реологічних властивостей суспензії надають можливість коригувати параметри процесу надтонкого подрібнення для досягнення необхідної якості продукту.

Висновки.

1. Зразки суспензії відносяться до дисперсної структурної системи, що характеризується пластичними властивостями.
2. Рицинова олія та суспензія на основі неї в межах дослідженого діапазону не змінюють характер течії залежно від тривалості вимірювань.
3. Стала величина в рівнянні залежності напруги зсуву від швидкості зсуву є граничним напруженням зсуву новоствореної структури, яке пояснюється утворенням і формуванням структури.
4. Ефективна в'язкість під час процесу подрібнення та її залежність від швидкості зсуву підтверджує неньютонівський характер суспензії та визначається як лінійне пластичне тіло.
5. Готовий продукт порівняно з чистою рициновою олією має у 2,1 раза більшу в'язкість, що пояснюється значним вмістом сухих речовин (40%) та збільшенням новоутвореної площі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Альхуссейн, В. В., Дмитрієвський, Д. І. Вивчення реологічних властивостей мазей з екстрактами кори осики та декаметоксином на поліетиленоксидній основі. *Український журнал клінічної та лабораторної медицини*. 2009. №4. С. 59—61.

2. Гладух, Є. В., Грубник, І. М., Кухтенко, Г. П. Вплив солюбілізатора ПЕГ–40 гідрогенізована рицинова олія на структурно-механічні властивості гелів карбополу. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*.2017. №3(25). С. 288—295.

3. Гладух, Є. В., Сегі, Анан Марсель, Ніколайчук, Н. О. Реологічні дослідження основи гелю з густим екстрактом лопуха. *Соціальна фармація в охороні здоров'я*. 2017. № 3. С. 21—26.

4. Гончарук, О. В. Електроповерхневі та структурні властивості гідродисперсій нанорозмірних оксидів металів та кремнію та їх стабілізація: дис д–ра хім. наук: 02.00.11. Київ, 2021. 446 с.

5. Горлачова,В. І. Розробка складу та технології крему з ліпофільним екстрактом насіння моркви дикої для лікування опікових ран: дис. ... канд. фарм. наук: 15.00.01. Харків, 2016. 141 с.

6. Дроздова,А. О. Науково-практичне обґрунтування складу та технології лікарських засобів антимікробної та сперміцидної дії для гінекології: дис. ... д–ра фарм. наук: 15.00 01. Київ, 2017. 493 с.

7. Жамали, Карим, Гладишев, В. В., Лисянска, А. П. Вивчення структурно–механічних властивостей мазей з амінексилом. *Актуальні питання фармацевтичної медичної науки та практики.* 2018. Т. 11, №3(28). С. 270—275. https://doi.org/10.14739/2409–2932.2018.3.144592.

8. Кустова, С. П., Бойко, С. П. Розробка технології мазі Фенсукциналу. *Сучасна фармацевтична технологія*. 2011. №5(16). С. 71—74.

9. Рачок, В. В., Гудзенко, В. С., Теличкун, Ю. С., Теличкун, В. І. Формування структури пшеничного тіста в процесі замішування. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. 24(2). С. 154—162.

10. Редькіна, Є. А., Гладишев, В. В., Бурлака, Б. С. Вивчення структурно–механічних властивостей супозиторіїв із клопідогрелем. *Актуальні питання фармацевтичної медичної науки та практики*.2018. Т. 11, №3(28). С. 281—285. https://doi.org/10.14739/2409–2932.2018.3.145218.

11. Руденко, В. В. Фармакотехнологічні випробування м'якого лікарського засобу для лікування ранових процесів. *Фармацевтичний журнал*. 2012. № 6. С. 47—50.

12. Ahmed, J., Ptaszek, P., Basu,S. Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry. in book: *Advances in Food Rheologyand ItsApplications*. Chapter 1. Elsevier, 2016. p. 1—4. http://dx.doi.org/10.1016/B978–0–08–100431–9.00001–2.

13. Ancey, C. Introduction to Fluid Rheology.Lausanne: École polytechnique fédérale lausanne, 2005. 118 p.

14. Barnes,H. A. A Handbook of Elementary Rheology. University of W ales, Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2000. 200 p.

15. Edwards, G., Van der Westhuizen,A. The investigation of operating parameters in a vertical stirred mill. *IMPC 2014 — 27th International Mineral Processing Congress*.2014. P. 187.

16. Ding, Z., Yin, Z., Liu, L., Chen, Q. Effect of grinding parameters on the rheology of pyrite-heptane slurry in a laboratory stirred media mill. *Minerals Engineering*. 2007. Volume 20. P. 701—709. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2007.01.005.

17. Franck, A. J. Understanding Rheology of Structured Fluids. An Instrument Publication. TA Instruments, 2004. 18 p.

18. He, M., Wang, Y., Forssberg, E. Parameter effects on wet ultrafine grinding of limestone through slurry rheology in stirred media mill. *Powder Technology*. 2006. Volume 161. P. 10—21. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2005.08.026.

19. Mende, S., Stenger, F., Peukert, W.,Schweders, J. Mechanical production and s tabilization of submicron particles in stirred media. *Powder Technology*. 2003. №132. P. 64—73.

20. Ouattara, S., Frances, C. Grinding of calcite suspensionsin a stirred media mill: Effect of operational parameters on the product quality and the specific energy. *Powder Technology* 2014. Volume 255. P. 89—97. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2013.11.025.

21. Yue, J. Rheological Effects on ultra-fine grinding in stirred mills. Vancouver: The University of British Columbia, 2003. 102 p.

УДК 62-1

METHODOLOGY OF THE QUANTITATIVE APPROACH TO THE SELECTION OF OPTIMAL STRUCTURES OF ADAPTRONIC FUNCTIONAL MODULES OF PACKAGING MACHINES

O. Gavva, L. Kryvoplias-Volodina
National University of Food Technologies

Key words:
Packaging machine,
Adaptronic functional module,
Quantification approach,
Optimal structure,
Given criterion

Article history:
Received 27.11.2023
Received in revised form 15.12.2023
Accepted 18.12.2023

Corresponding author:
krivoplyas-volodina@ukr.net

ABSTRACT

Modern samples of packaging equipment are complex technical systems built on the aggregate-module principle. Such integral technical complexes are formed from adaptronic functional modules, each of which is both functionally and constructiv ely an independent product with a high number of synergistically interconnected characteristics and parameters. The aggre gate-module design principle involves the creation of clusters of adaptronic functional modules of various functional purposes. The selection of the functional module from the cluster is based on the output data of the packaging machine and compliance with the quality parameters of their functioning. The article presents the methodology for choosing the optimal structure of the packaging machine bas ed on the technology of functional-cost analysis. Based on the results of expert evaluations, an integral parameter, i. e. priority, is determined. The selection of the optimal structure of the adaptronic functional module was made on the basis of criterion analysis. The criterion analysis method takes into account the functional features of the functional module. On the basis of comparisons of the given coefficient of perfection, the optimal structure of the adaptronic functional module is chosen. The implementation of the developed methodology was tested at the stage of designing machines for packing light-flowing loose products into consumer containers. The performed studies made it possible to substantiate the methodology of the quantification approach to the selection of optimal structures of both the packaging machine as a whole and individual adaptive functional modules. It is appropriate to select the optimal structure of the packaging machine by the methods of functional and cost analysis. Comparing the priority values makes it possible to s elect the optimal option from the cluster. It is appropriate to select the optimal structures of adaptive functional modules using the methods of criterion analysis, which takes into account the features of the module's functioning.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-15

© О. О. Гавва, Л.О. Кривопляс-Володіна, 2023

МЕТОДОЛОГІЯ КВАНТИФІКАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ СТРУКТУР АДАПТРОННИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН

О.О. Гавва,
Л.О. Кривопляс-Володіна, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

Сучасні зразки пакувального обладнання — це складні технічні системи, що побудовані на агрегатно-модульному принципі. Такі інтегральні технічні комплекси формуються з адаптронних функціональних модулів, кожен з яких є як функціонально, так і конструктивно самостійним виробом з високою кількістю синергетично зв'язаних між собою характеристик і параметрів.
У статті наведена методологія вибору оптимальної структури пакувальної машини на основі теорії функціонально-вартісного аналізу. За результатами експертних оцінок визначається інтегральний параметр, тобто пріоритет.

***Ключові слова**: пакувальна машина, адаптронний функціональний модуль, квантифікаційний підхід, оптимальна структура, приведений критерій.*

Постановка проблеми. Створення прогресивних зразків пакувальних машин-автоматів є складною науково-технічною проблемою, що базується на початкових умовах і включає розвиток технологій проєктування, машинобудування та пакування [1—4]. Новітні методології створення пакувальних машин здійснюється на основі функціонально-модульної концепції [1—7]. Ця концепція передбачає створення кластерів функціональних модулів різного функціонального призначення. Під час формування структури машини, відповідно до вихідних даних, вибирається модуль з оптимальною структурою та оптимальними технічними параметрами. Методики вибору оптимальної структури пакувальної машини, функціонального модуля наведено в наукових працях [2, 6, 8]. Здебільшого ці методики базуються на одно- або багатофакторній оптимізації за критерієм Парето. Під час проведення таких оптимізацій враховуються реальні значення технічних характеристик досліджуваних модулів. Функціональний підхід проєктування передбачає врахування таких факторів, що характеризують параметри якості виконання заданих функцій. Для комплексного вирішення завдань проєктування доречно використовувати квантифікаційний підхід, що передбачає числове оцінювання параметрів якості функціонування машини загалом та її функціональних модулів.

Оцінювання параметрів якості пакувальних машин та їх модулів здійснюють за одиничними і комплексними властивостями, які поділяють на експлуатаційні і виробничо-технічні [9—11]. До експлуатаційних властивостей відносять показники призначення, надійності, ергономіки та естетики. До виробничо-технічних властивостей відносять трудомісткість, металомісткість, енергомісткість, блочність, показники конструктивної стандартизації та уніфікації. Розроблення методології проєктування пакувальних машин на основі модульного принципу враховує виробничо-технічні й експлуатаційні їх властивості є важливим і актуальним науково-практичним завданням.

Мета дослідження: розроблення та апробація алгоритму вибору оптимальної структури машини-автомата і кластеру подібних та оптимальної структури адаптронних функціональних модулів цих машин. Необхідність вибору оптимальної

структури адаптронних функціональних модулів пакувальних машин спричинена тим, що машини з оптимальною структурою можуть компонуватися з функціональних модулів різної структури та конструкції, тому створення ефективних пакувальних машин на основі модульного принципу передбачає морфологічний аналіз і синтез як машини загалом, так і модулів окремо.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є машини-автомати та їх адаптронні функціональні модулі для пакування харчових продуктів у споживчу тару. Основним методом вибору оптимальної структури пакувальної машини з кластеру подібних є функціонально-вартісний аналіз. За цим методом на основі експертного оцінювання визначають пріоритет відповідної машини. Для вибору оптимальної структури адаптронних функціональних модулів із кластеру подібних застосовувався метод критеріального аналізу. Цей метод враховує збурюючі фактори процесу пакування, його недоліки і похибки. За мінімальним значенням приведеного критерію індексів параметрів визначають оптимальну структуру адаптронного функціонального модуля.

Результати дослідження. Під час створення технічно ефективних пакувальних машин-автоматів, при застосуванні модульного принципу проєктування, перед розробником постає завдання вибору функціонального модуля з кластеру подібних, який буде відповідати оптимальному значенню інтегрованого коефіцієнта ефективності. Вирішення такого завдання потребує багатоетапного підходу, що включає: аналіз технологічної схеми пакування: декомпозицію службової функції машини; морфологічний аналіз і синтез структури як машини, так і окремих функціональних модулів. На етапі морфологічного синтезу формують вимоги або параметри ефективності, що відображені в карті технічного рівня машини (ДСТУ 3974-2000). Однак наведені в ДСТУ 3974-2000 параметри є загальними і не відображають функціональні особливості машини та її функціональних модулів. А тому доречно для конкретного типу машин, або функціонального модуля, сформувати свій перелік параметрів ефективності. Так, для машини-автомата пакування сипкої продукції в споживчу тару можна виділити такі параметри ефективності:

I. Враховують вид продукції:
1. Вид продукції.
2. Ємність бункера.
3. Точність дозування.
4. Діапазон зміни дози.
5. Тривалість переналагодження машини з одного на інший вид продукції.

II. Технічні:
1. Технічна продуктивність.
2. Фактична продуктивність.
3. Напруга електроживлення машини.
4. Споживана електрична потужність.
5. Споживання повітря.
6. Тиск повітря.
7. Ступінь автоматизації.
8. Вага машини;
9. Габаритні розміри машини.
10. Основні матеріали з яких виготовлена машина.

III. Враховують тип і вид упаковки та пакувального матеріалу:
1. Коливання різнотовщинності пакувального матеріалу.

2. Діапазон ширини пакувального матеріалу.
3. Різновиди упаковки.
4. Діапазон габаритів упаковки.
5. Вид герметизації упаковки.
6. Діапазон температур зварювання, або склеювання.

IV. Економічно-організаційні:
1. Вартість машини-автомата.
2. Втрати пакувального матеріалу.
3. Термін окупності машини-автомата.
4. Кількість операторів.
5. Вимоги до кваліфікації операторів.
6. Наявність сервісного обслуговування.

V. Додаткові:
1. Ергономічні показники машини.
2. Наявність автоматичної системи захисту операторів під час роботи машини.
3. Рівень системи керування машиною.
4. Наявність автоматичної системи змащування.
5. Наявність пристроїв для виконання додаткових функцій (очищення, облік, діагностика тощо).
6. Наявність запасних функціональних модулів.

Отже, пакувальна машина-автомат - це складна багатофакторна система, яка потребує комплексного підходу для встановлення вагових параметрів, які будуть суттєво впливати на вибір машини або її функціональних модулів. Розв'язок таких систем базується на використанні методу функціонально-вартісного аналізу. Під час розв'язання подібних багатофакторних систем потрібно прийняти одне з двох рішень, що суперечать одне одному. Так, за першого рішення бажано прямувати до того, щоб статистична модель була б максимально вивчена, тобто в такій моделі мають бути враховані всі параметри. За другого рішення для скорочення об'єму експериментальних досліджень враховують тільки ті параметри, які є вагомими для цієї функціональної групи пакувальних машин.

Вибір вагомих параметрів проводять із застосуванням експертів пакувального машинобудування та пакувальних виробництв.

Відповідно до методики [9, 12, 13] послідовного експертного опитування рекомендується формувати групу експертів із 7 фахівців, тому що ймовірність правильного рішення одного експерта складає 0,70, а ймовірність правильного рішення при 5 експертах 0,528 ($m_e \geq 4$), при 7 експертах — 0,647 ($m_e \geq 5$), при 10 експертах — 0,65 ($m_e \geq 7$).

Закономірно, що окремі експерти по-різному оцінять параметри в ранжируваному ряду. А тому для погодженості їх рішення використаємо таку методику обчислення [12]:

- сума S_j рангів R_{ij} і середня сума рангів S_{cp}, визначених експертами, визначається за формулами:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ij} \; ; S_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} S_j \; . \qquad (1)$$

Для встановлення значущості кожного параметра визначаємо коефіцієнт вагомості k_j:

$$k_j = \frac{mn - S_j}{0.5mn(n-1)}, \quad (2)$$

де m — число експертів; n — число параметрів; S_j — значення суми рангів, встановлених i-м експертом j-у параметру.

Із n параметрів виділяють n_0 найбільш значимих, для яких $k_j > k_{кр}$, $k_{кр}=1/n$, тобто для нашого випадку $k_{кр}=1/33=0{,}0303$, і розраховують для них коефіцієнт вагомості $k_{кр0}$:

$$k_{кр0} = \frac{mn - S_j}{mnn_0 - \sum_{j=1}^{n} S_j}. \quad (3)$$

Оцінка зв'язків T_i розраховується за формулою:

$$T_i = \frac{1}{12}\sum_{k=1}^{n}\left(t_k^3 - t_k\right), \quad (4)$$

де N — число видів зв'язаних рангів, що надано i-м експертом; t_k — кількість рангів N-го виду в i-му рядку ранжування.

Значення коефіцієнта конкордації W розраховують за формулами для таких умов:
а) всім параметрам присвоєно відповідний ранг:

$$W = 12\sum_{j=1}^{n}\left(\rho_j - \rho_{ср}\right)^2 \cdot \left[m^2\left(n^3 - n\right)\right]^{-1}; \quad (5)$$

б) деяким параметром присвоєно один і той же ранг:

$$W = \sum_{j=1}^{n}\left(S_j - S_{ср}\right)^2 \cdot \left[\frac{1}{2}m^2(n^3 - n) - m\sum_{i=1}^{l} T_i\right]^{-1}, \quad (6)$$

де l — число рядків, що мають однакові ранги.

Для оцінювання значимості W використовують критерій Пірсона χ^2:

$$\chi^2 = Wm(n-1) \quad (7)$$

та порівнюють його з табличним значенням $\chi^2_{табл}$ при вибраному рівні вагомості $\alpha=0{,}05$ і числу вільності $\upsilon=n-1$.

Об'єктивність рішення експертів оцінюється як:

$$\chi^2_{розр} \geq \chi^2_{табл}. \quad (8)$$

Результати опитування експертів наведено в табл. 1—5.

З точки зору експертів, вагомими параметрами, що характеризують машини-автомати пакування сипкої продукції у споживчу тару, є:

I. Для групи параметрів, що враховують:
1. Вид продукції.
2. Тривалість переналагодження машини з одного на інший вид продукції.
3. Точність дозування.

II. Технічні:
1. Фактична продуктивність.
2. Споживана електрична потужність.

III. Тип і вид упаковки:
1. Різновиди упаковки.
2. Вид герметизації упаковки.

IV. Економічно-організаційні:
1. Термін окупності обладнання.

V. Додаткові:

1. Наявність автоматичної системи захисту операторів під час роботи машини.
2. Наявність пристроїв для виконання додаткових функцій (очищення, облік, діагностика тощо).
3. Рівень системи керування машиною.

Таблиця 1. **Результати опитування експертів щодо вагомості параметрів, пов'язаних із продукцією**

Шифр експерта	Рангові оцінки R_{ij} параметрів						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$S_{i=5}$	T_i
1	2	5	4	3	1	15	0
2	1	6	2	3	3	15	0,5
3	2	5	3	3	2	15	1
4	1	5	2	3	4	15	0
5	2	4	2	5	2	15	2
6	2	5	2	3	3	15	1
7	1	5	3	4	2	15	0
S_j	11	35	18	24	17	105	4,5
m_n–S_j	24	0	17	11	18		
k_j	0,34	0	0,24	0,16	0,26	1	
k_{j0}	0,41	—	0,29	—	0,31	1,00	
$(S_j–S_{cp})^2$	100	196	9,00	9,00	16,00	330,0	
W = 0,7197; χ^2=20, 15≥$\chi^2_{табл}$=9,49; при α=0,005; γ=4							

Таблиця 2. **Результати опитування експертів щодо вагомості параметрів, пов'язаних із технічними характеристиками**

Шифр експерта	Рангові оцінки R_{ij} параметрів											
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	$S_{i=10}$	T_i
1	6	1	7	2	6	6	6	7	7	7	55	10
2	7	1	7	1	4	5	3	9	9	9	55	3
3	6	2	5	1	7	7	5	8	7	7	55	5,5
4	5	1	4	2	5	5	4	10	9	10	55	3
5	6	1	6	1	6	6	5	8	8	8	55	7,5
6	6	2	4	2	7	6	9	7	6	6	55	6
7	6	1	6	2	4	6	6	9	8	7	55	5
S_j	42	9	39	11	39	41	38	58	54	54	385	40
m_n-S_j	28	61	31	59	31	29	32	12	16	16		
k_j	0,09	0,19	0,10	0,19	0,10	0,09	0,10	0,04	0,05	0,05	1,0	
k_{j0}	—	0,51	—	0,49	—	—	—	—	—	—	1,0	
$(S_j–S_{cp})^2$	12,25	870,25	0,25	756,3	0,25	6,25	0,25	380,25	240,25	240,25	2506,50	
W=0,6662; χ^2=41,97≥$\chi^2_{табл}$ =16,92; при α=0,05; γ=9												

Таблиця 3. **Результати опитування експертів щодо вагомості параметрів, пов'язаних із упаковкою та пакувальними матеріалами**

Шифр експерта	Рангові оцінки R_{ij} параметрів							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$S_{i=6}$	T_i
1	5	4	1	4	2	5	21	1
2	3	6	2	5	2	3	21	1
3	5	5	2	3	1	5	21	1
4	4	4	2	5	3	3	21	2

Продовження таблиці 3

5	6	5	1	1	2	6	21	1
6	2	3	2	6	4	4	21	1
7	6	3	1	4	2	5	21	0
S_j	31	30	11	28	16	31	147	7
$m_n–S_j$	11	12	31	14	26	11		
k_j	0,10	0,11	0,30	0,13	0,25	0,10	1,0	
k_{j0}	—	—	0,54	—	0,46	—	1,0	
$(S_j–S_{cp})^2$	42,25	30,25	182,25	12,25	72,25	42,25	381,50	
W=0,47; χ^2=16,0≥$\chi^2_{табл}$=11,07; при α=0,05; γ=5								

Таблиця 4. **Результати опитування експертів щодо вагомості параметрів, пов'язаних з організаційно-економічними характеристиками**

Шифр експерта	Рангові оцінки R_{ij} параметрів							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$S_{i=6}$	T_i
1	4	2	1	4	5	5	21	1
2	4	3	1	3	5	5	21	1
3	4	3	2	4	4	4	21	5
4	5	2	2	4	5	3	21	1
5	5	3	1	3	6	4	21	0,5
6	4	3	1	4	5	4	21	2
7	4	3	2	3	4	5	21	1
S_j	30	19	10	25	34	30	148	11,5
$m_n–S_j$	12	23	32	17	8	12		
k_j	0,11	0,22	0,30	0,16	0,08	0,11	1,0	
k_{j0}	—	0,42	0,58	—	—	—	1,0	
$(S_j–S_{cp})^2$	28,44	23,11	215,11	0,11	87,11	28,44	391,33	
W=0,5036; χ^2=17,63≥$\chi^2_{табл}$=11,07; при α=0,005; γ=5								

Таблиця 5. **Результати опитування експертів щодо вагомості параметрів, пов'язаних із додатковими характеристиками**

Шифр експерта	Рангові оцінки R_{ij} параметрів							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$S_{i=6}$	T_i
1	3	2	4	5	1	6	21	0
2	4	1	3	6	2	5	21	0
3	5	2	2	3	4	5	21	1
4	4	3	4	4	2	4	21	5
5	4	3	3	3	4	4	21	4
6	5	3	5	2	3	4	21	1
7	4	4	3	2	5	3	21	1
S_j	29	15	24	25	21	31	148	12
$m_n–S_j$	13	27	18	17	21	11		
k_j	0,12	0,26	0,17	0,16	0,20	0,10	1,0	
k_{j0}	-	0,41	0,27	—	0,32	—	1,0	
$(S_j–S_{cp})^2$	0,36	213,16	31,36	21,16	73,96	1,96	341,96	
W=0,4421; χ^2=17,63≥$\chi^2_{табл}$=11,07; при α=0,005; γ=5								

Для визначення оптимальної структури пакувальної машини з кластеру подібних машин визначають інтегральну оцінку кожної машини в кластері. Для цього потрібно для всіх 11 параметрів для кожної машини отримати числове значення кожного параметра. Ефективним методом для цього є експертна розстановка пріоритетів з точки зору «важливо-неважливо» [9, 12, 13].

За сумою добутків коефіцієнтів вагомості k_j кожного параметра на ступінь задоволеності параметра Б визначають пріоритет П відповідної пакувальної машини z:

$$П^z = \sum_{j=1}^{n} k_j Б_j^z . \quad (9)$$

Отже, за допомогою функціонально-вартісного аналізу можна визначити оптимальний варіант структури пакувальної машини. Водночас потрібно врахувати, що для конкретного виду продукції можна використати різні структурні схеми адаптронних функціональних модулів. Вибір оптимальної структури функціонального модуля для конкретної продукції можна виконати за допомогою критеріального аналізу.

Теорія критеріального аналізу і синтезу враховує «збурюючі фактори» процесу пакування, його недоліки і похибки, до яких можна віднести порушення товарного вигляду об'єкта, що пакується: пульсацію, поштовхи, вібрацію, складність процесу тощо. Ці параметри можна функціонально класифікувати і реалізувати у вигляді спеціальних критеріїв синтезу k_j і відповідних їм критеріальних індексів *j*.

На основі фотограмметричного аналізу руху продукції в каналах дозувально-фасувальних модулів запропоновано врахувати такі критеріальні індекси:

- *n* — враховує кількість технологічних переходів, що виконуються під час дозування. Для визначення його числового значення здійснюється підрахунок кількості виконуваних переходів:

$$n = \sum n_j - n_{\min} , \quad (10)$$

де n_j — поточні значення виконуваних переходів; n_{min} — мінімально можливе число виконуваних переходів. У випадку n_0=0 при n_j=n_{min}, де n_0 — оптимальне числове значення цього критеріального індексу. Тобто при n_0=0 операція є оптимальною, що виконується мінімально можливою кількість переходів і є надійно і економічно доцільною;

- *ц* — циклічність операції з урахуванням тривалості холостого ходу t_{xx}; *ц*= t_{xx}(c^{-1}); $ц_0$=0 при t_{xx}=0, де $ц_0$ — оптимальне числове значення цього критеріального індекса. При *ц*=$ц_0$ операція є безперервною;

- *c* — складність траєкторії об'єктів дозування в часі: $c=\sum c_j$, c_0=0 при $\sum c_j$=0, де c_0 — оптимальне числове значення цього критеріального індексу. При c_0 — траєкторія пряма лінія;

- *д* — динамічність елементів траєкторії продукції в часі: $д=\sum д_0$, $д_0$=0, при $\sum д_i$=0, де $д_0$ — оптимальне числове значення цього критеріального індексу. При $д_0$ динамічність операції (удари, поштовхи, затори тощо) відсутня;

- $ш_n$ — швидкість переміщення продукції із мірної (дозуючої) ємності в тару (лійку фасувального елемента). Цей критерій можна підрахувати за формулою: $ш_n$= (1+$f_{вих}/f_{вх}$), де $f_{вих}$ — площа поперечного перерізу вихідного каналу із мірної ємності; $f_{вх}$ — площа поперечного перерізу вхідного каналу в фасувальний елемент (лійка) або тару; $ш_{n0}$=0 при $f_{вих}$=$f_{вх}$), де $ш_{n0}$ — оптимальне числове значення цього критеріального індексу. При $ш_{n0}$=0 канал не фігурний, а циліндричний і значення швидкості переміщення продукції наближене до швидкості вільного падіння частинки, тобто буде максимальне значення продуктивності.

- $m_{вп}$ — порушення товарного вигляду продукції під час дозування — порушення цілісності продукції, злипання, піноутворення тощо. Підрахунок кількості порушень товарного вигляду продукції можна виконати за формулою:

$$m_{вп}=\Sigma m_{вп\,j}$$

при $m_{впо}$=0 — оптимальне числове значення цього критеріального індексу.

$$m_{впо}=0 \text{ при } \Sigma m_{вп\,j}=0.$$

При $m_{впо}$ відсутні будь-які порушення товарного виду продукції.

Залежно від структурно-механічних властивостей продукції можуть бути враховані й інші критерії. Всі виявлені «збурюючі фактори» процесу дозування та фасування є безрозмірними, що надає можливість їх сумувати.

Для визначення оптимального варіанта процесу, що виконується відповідною конструкцією адаптронно-функціонального модуля, потрібно знайти мінімальну суму добутку числових значень критеріїв на відповідний їм ваговий коефіцієнт:

$$k = n \cdot f_n + ц \cdot f_ц + c \cdot f_c + д \cdot f_д + ш_n \cdot f_{ш_n} + m_{вп} \cdot f_{m_{вп}} \Rightarrow \min . \quad (11)$$

Вибір коефіцієнта вагомості здійснюється шляхом зіставлення критеріальних індексів за критеріями з вибраним рядом вагових показників ефективності, наприклад: фактична продуктивність; споживана потужність електроенергії; маса та габарити адаптронного модуля; ймовірність безвідмовної роботи; коефіцієнт використання модуля.

Алгоритм ранжування критеріальних індексів полягає в експертній розстановці пріоритетів. Так, при повному впливі показників k_i на параметр ефективності ставиться число 1, при частковому впливі — 0,5, а при відсутності впливу — 0. У табл. 6 наведено ранжування критеріїв.

Таблиця 6. **Результати ранжування критеріїв**

Параметри ефективності	Критерії					
	с	*д*	*ц*	*п*	$e_п$	$m_{вп}$
Фактична продуктивність	1	1	1	1	1	0
Споживана потужність електроенергії	0,5	1	0,5	1	0	0
Маса модуля	0,5	0	0	1	0	0
Габаритимодуля	1	0	0	1	0,5	0,5
Імовірність безвідмовної роботи	1	1	1	1	1	1
Коефіцієнт використання модуля	1	1	1	1	1	1
Кількість балів	5	4	3,5	6	3,5	2,5
Сумарна кількість балів	24,5					
Ваговий коефіцієнт, f_i	0,21	0,16	0,14	0,25	0,14	0,10

Результати дослідження критеріальних індексів в адаптронних функціональних модулях дозування легкоплинної сипкої продукції (крупа з рису) наведено в табл. 7. Для дослідження вибрано однотипні дозатори, що забезпечують формування дози об'ємним способом.

Таблиця 7. **Числові значення критеріальних індексів для дозаторів об'ємного типу**

	Ас	*Ад*	*Ац*	*Ап*	$Ae_п$	$Am_{вп}$	ΣA_j	$\Sigma A_j \cdot f_i = k$
Дозатор стаканчикового типу	3	6	0,38	6	0,5	6	21,88	3,8132
Роторний (камерний) дозатор	3	7	1,20	5	0,67	7	23,87	3,9618
Дозатор шиберного типу	2	7	1,20	5	0,70	7	22,9	3,37560
Маятниковий дозатор	5	8	1,20	6	0,96	8	29,16	4,9324
f_i	0,21	0,16	0,14	0,25	0,14	0,10		

Відповідно до одержаних числових значень приведеного коефіцієнта *k* найефективнішими адаптронними модулями дозування легкоплинної продукції є дозатор шиберного і стаканчикового типу. За експериментальними даними можна оцінювати шляхи зменшення приведеного коефіцієнта *k* для всіх досліджуваних конструкцій модулів дозування. Це один зі шляхів вибору оптимальної структури функціональних модулів з кластеру подібних та підвищення їх технічної і функціональної досконалості.

Висновки. Виконані дослідження надали можливість обґрунтувати методологію квантифікаційного підходу до вибору оптимальних структур як пакувальної машини загалом, так і окремих адаптронних функціональних модулів. Вибір оптимальної структури пакувальної машини доречно виконувати методами функціонально-вартісного аналізу. Для цього визначають інтегральний параметр, тобто пріоритет відповідної машини. Порівняння значень пріоритету надає можливість із кластеру вибрати оптимальний варіант. Вибір оптимальних структур адаптронних функціональних модулів доречно виконувати методами критеріального аналізу, в який покладено особливості функціонування модуля. На основі порівнянь приведеного коефіцієнта досконалості вибирають оптимальну структуру адаптронного функціонального модуля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Функціонально-модульне проєктування пакувальних машин: монографія / О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна,С. В. Токарчук та ін. Київ: «Сталь», 2015. 547 с.

2. Пальчевський Б. О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів). Львів: Світ, 2007. 392 с.

3. Monika Kaßmann. Grundlagen der Verpackung — Leitfaden für die fächerübergreifende Verpackungsausbildung. Beuth Verlag GmbH, 2020. 413 p.

4. DIN 8743:2014-01. Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen — Kennzahlen zur Charakterisierung des Betriebsverhaltens und Bedingungen für deren Ermittlung im Rahmen eines A bnahmelaufs.

5. Інформаційне забезпечення гнучких виробничих систем: монографія// Богдан Пальчевський, Антоні Швіц, Володимир Павлишта інші; За заг. ред. Богдана Пальчевського і Антоні Швіца. Луцьк: Вежа-Друк, 2014. 344 с.

6. Пальчевський Б. О., Шаповал О. М., Великий О. А. Оптимізаційний синтез функціонально-модульної структури пакувального устаткування: монографія / за ред. проф. Пальчевського Б. О. Луцьк: Луцький НТУ, 2013. 165 с.

7. ДСТУ 2379–94 Пристрої устаткування для пакування функціональні. Терміни та визначення.

8. Кривопляс-Володіна Л. О. Багатокритеріальний синтез мехатронних функціональних модулів машин пакування харчових продуктів: дис. д-ра техн. наук: 05.18.12. «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Кривопляс-Володіна Людмила Олександрівна: НУХТ. К., 2019.

9. Гунько І. В., Галущак О. О., Кравець С. М. Аналіз технологічних систем. Обгрунтування інженерних рішень: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2019. 216 с.

10. Yoram Koren. The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems. Wiley, 2010. 421 p.

11. Кривопляс-Володіна Л. О., Гавва О. М., Волчко А. І. Методологія синтезу компоновочних рішень. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2013. № 3. С. 178—182.

12. Основи наукових досліджень у прикладних задачах [Текст]: навч. посіб. для студентів ВНЗ / Л. О. Кривопляс-Володіна, О. М. Гавва, В. Л. Яровий та ін. Київ: Сталь, 2016. 272 с.

13. Агрегатно-модульне технологічне обладнання. Ч 1. Принципи побудови агрегатно-модульного технологічного обладнання: навч. посіб. / Ю. М. Кузнєцов, А. М. Кириченко та ін.; за заг. ред. проф. Ю. М. Кузнєцова. Кіровоград, 2003. 422 с.

УДК 664.1.033

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC METHODS AND TOOLS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF EXTRACTION EQUIPMENT

D. Liulka, O.Serohin, I. Izvolenskyi, O. Maschenko, Y. Chornyi
National University of Food Technologies

Key words:
Extractor,
Diagnostics,
Reliability,
Tension,
Strain gauge

Article history:
Received 09.11.2023
Received in revised form 18.12.2023
Accepted 19.12.2023

Corresponding author:
energetyc@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of analytical and experimental studies of the stressed state of the transport system of the column diffusion apparatus. It is known that the development of the sugar industry in Ukraine is accompanied by an increase in the capacity of sugar factories. As a consequence, there is an emergence of a critical mechanical load on the working bodies of the basic equipment, including the transport system of the diffusion apparatus. Understanding the complex mechanical problems that arise during sugar production will allow us to propose measures that need to be taken to reduce the stresses in the main working organs of the transport systems of column extractors. An analytical review of modern methods and means of early diagnosis will allow us to find ways to reduce the negative impact and propose methods for effective distribution of voltages in critical parts of equipment elements. The development of information systems for early diagnosis facilitates the rational operation of equipment in critical conditions, ensuring its reliability during the sugar production season. It has been determined that efficient and reliable operation of extractors requires adherence to specific technological modes. Critical for the extraction process is the diagnosis and mixing of the solid phase. Mixing is necessary to restore the elastic properties of the mixture and improve the hydrodynamic environment in the column, but the intensity of mixing must be within specified, reasonable limits. Excessive mixing is detrimental, resulting in additional grinding of the chips and deterioration of the hydrodynamic properties of the sap mixture. Simultaneously, the study found that the shape of the blade can create a hydrodynamic mass, intensifying mass transfer processes in the apparatus. This allows us to determine scientifically based directions for improving the design of transport systems of extractors.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-16

© Д. М. Люлька, О. О. Серьогін, І. Є. Ізволенський, О. А. Мащенко, Ю. А. Чорний, 2023

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ З ПІДВИЩЕННЯМ НАДІЙНОСТІ ЕКСТРАКЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Д. М. Люлька, канд. техн. наук,
О. О. Серьогін, д-р техн. наук,
І. Є. Ізволенський,
О. А. Мащенко,
Ю. А. Чорний, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати аналітичних та експериментальних досліджень напруженого стану транспортної системи колонного дифузійного апарата. Розвиток інформаційних систем ранньої діагностики дає змогу забезпечити раціональне управління та керування обладнанням, яке працює в критичних умовах, що забезпечує його надійну експлуатацію протягом сезону цукроваріння. Впровадження методики експериментального визначення пульсуючих навантажень, що діють на транспортні лопаті при експлуатації дифузійних апаратів, включаючи перехідні та критичні режими їх роботи, та отриманих на її основі результатів розрахунків, надасть можливість удосконалити конструкції транспортних систем екстракторів.

Ключові слова: *екстрактор, діагностика, надійність, напруження, тензодатчик.*

Постановка проблеми. Основними вимогами при створенні сучасних дифузійних установок є зниження їх маси, підвищення економічності при одночасному забезпеченні високої надійності [1]. Досвід створення дифузійних апаратів, конструктивні елементи яких піддаються впливам агресивних середовищ, пульсуючим навантаженням, показав, що протягом тривалого періоду мають місце явища втомлюваності, які призводять до руйнування апарата. При цьому тенденція до зростання питомої продуктивності проектованих апаратів зумовлює створення високонавантажених конструкцій з рівноміцних елементів, що призводить до підвищення відмов і руйнування частин апарату та втрати його працездатності.

Серед проблем пульсуючих навантажувальних характеристик найбільш поширеними є втрата несучої здатності лопатей і контрлопатей робочих органів транс портних систем. Вивчення їхнього характеру, закономірностей що виникають під час створення й експлуатації екстракційних установок [1], постійно перебувають у полі дослідників, інженерів і конструкторів.

Руйнування транспортних систем дифузійних апаратів у процесі їх експлуатації призводять до значних матеріальних збитків. Особливо актуальне це завдання для рухомих і нерухомих елементів транспортних систем екстракторів [1]. Хоча загальні причини пульсуючих навантажень на лопаті та контрлопаті транспорт них систем давно відомі, але все-таки сучасні тенденції проєктування форм лопатей і контрлопатей, їх конструктивних особливостей вимагають підвищення точності і достовірності визначення величин навантажень, що виникають на лопаті та контрлопаті при перехідних режимах апаратів, особливо на етапах пуску й зупинки агрегата. Пульсуючі навантаження необхідні для забезпечення технологічних параметрів процесу екстрагування, проте вони зумовлюють і підвищують небезпеку виникнення відмов при експлуатації екстракторів. Тому при проєктуванні дифузійного обладнання та освоєнні їх серійного виробництва необхідне визначення ре-

альних навантажень, критичних умов експлуатації апаратів та межі їх надійної роботи при перехідних режимах.

Проблема визначення критичних умов експлуатації, як відомо, пов'язана з реальною складністю визначення навантажень і напружень у найвідповідальніших частинах транспортних елементів. Навантаження можна визначати непрямим шляхом вимірювання крутного моменту на приводі агрегата, розрахунковим шляхом, але найбільш достовірна інформація про напружений стан в елементах транспортних систем при експлуатації може бути отримана безпосереднім вимірюванням напружень методом тензометрії [1, 2].

Мета дослідження: розробити методику експериментального визначення пульсуючих навантажень, що діють на транспортні лопаті при експлуатації апаратів, включаючи перехідні та критичні режими роботи дифузійних апаратів, та проаналізувати отримані на її основі результати, які дають змогу удосконалити конструкцію транспортної системи екстрактора.

Матеріали і методи. Використано комплекс прийомів, принципів і методів наукового дослідження, зокрема: аналіз і синтез механічних систем і конструкцій — для деталізації об'єкта дослідження, в нашому випадку колонного дифузійного апарата, та використання методу тензометрії [3], що дало змогу отримати інформацію про напружений стан у лопатях в реальних експлуатаційних умовах екстракційного обладнання протягом сезону цукроваріння. Це надасть можливість об'єднати експериментальні й аналітичні результати окремих елементів дослідження у цілісне явище з метою теоретичного та практичного поглиблення уявлень про реальну ранню діагностику базового обладнання й повести методичне узагальнення — для з'ясування сутності, завдань і шляхів надійної експлуатації екстракційного обладнання [5].

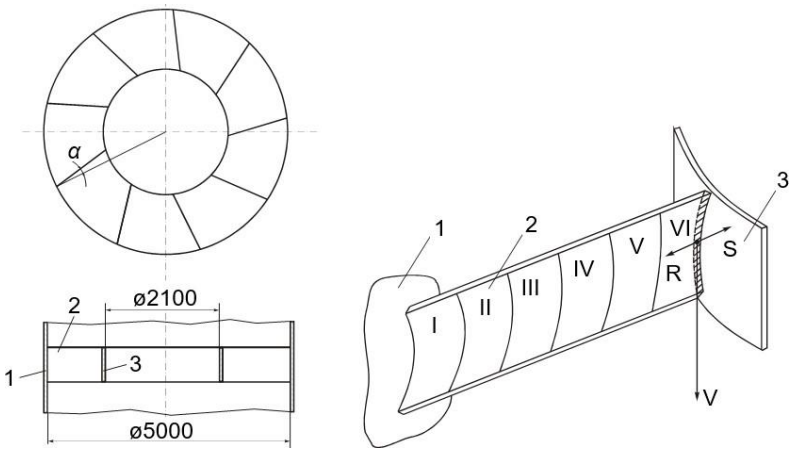
Результати досліджень. Моделювання силової взаємодії лопаті та вінця контрлопатей та їх взаємодія з потоком сокостружкової суміші.

Рамна конструкція контрлопатей колонного апарата є просторовою системою (рис. 1, а), що складається з таких основних частин: корпусу колони 1 і внутрішнього кільця 3, до яких приварюються контрлопаті 2. Контрлопаті виконуються у вигляді просторових елементів тонких оболонок, що мають змінну жорсткість по довжині. З'єднання контрлопатей з корпусом і внутрішнім кільцем відбувається по кривих, що не лежать у радіальній або горизонтальній площині. Найбільші напруження у перерізах контрлопатей, як показали наші дослідження на натурних конструкціях, виникали в перерізах *I* та *V* (рис. 1, б).

При виконанні розрахунку методами будівельної механіки [4, 12] робоче колесо розглядається як просторова статично невизначена стрижнева система. При цьому можна вважати опорне закріплення контрлопаті до корпусу жорстким як у маточині, так і внутрішньому кільці, розглядаючи його як абсолютно жорстке, але рухоме по вертикалі, або вважати опорне закріплення у маточині корпусу жорстким, а у внутрішньому кільці обода пружним. При застосуванні першого варіанта розрахунку (жорсткий обід) «основна система» за методом сил виходить відсіканням контрлопаті від кільця і додатком у центрі мас поперечного перерізу лопаті сил і моментів *R, V, S* (рис. 1, б).

Експериментальні дослідження на натуральних об'єктах, описані в [4], дають змогу визначити в повному обсязі напружений і деформований стан металоконструкцій колонних апаратів. Хоча вимірювання напружень і переміщень на реальних конструкціях досить просто реалізувати, однак отримання повної картини на-

пруженого стану в експлуатаційних режимах викликає труднощі, якщо не використовувати результати експериментальних досліджень напружень і, навпаки, тензо - метричні методи дають змогу знайти напруження без застосування розрахунку, проте значну кількість експериментів важко виконати. Тому можливий такий комплексний метод визначення напружень у складних конструкціях, у якому поєднувався б розрахунки з вимірюваннями на натуральному об'єкті.



а *б*

Рис. 1. Розрахункова модель з'єднання контрлопатей: *а*) схема з'єднання контрлопатей; *б*) розрахункова схема контрлопаті

Забезпечення умов поєднання розглянутих на найпростіших конструктивних пристроях окремих елементів у цілій статично невизначеній конструкції проводиться шляхом розрахунку зі складанням і розв'язуванням лінійних рівнянь деформацій, з яких визначаються статично невизначені зусилля в перерізах. Напруження та переміщення в будь-якій точці статично невизначеної конструкції знаходяться додаванням виміряних на найпростіших комбінаціях величин, помножених на значення відповідних статично невизначених зусиль.

Застосування поєднання такого експерименту з розрахунком статично невизначених конструкцій визначається можливістю допустити досить простий розподіл напружень у перерізах, якими розсікається задана конструкція при розрахунку. Розглянемо застосування такого поєднання експерименту на окремих елементах транспортної системи та розрахунку визначення напружень у несучій металоконструкції контрлопатевої рамної системи колонного апарату.

До останнього часу в конструкторських бюро застосовувався наближений розрахунок основної частини конструкції апарата й транспортної системи як кільця на згин вздовж діаметрального перерізу навантаженого нормально до його площини. При цьому кожна частина металоконструкції (контрлопать, кільце) розглядалися незалежно, тобто без урахування підтримуючої дії приєднаних до неї деталей. Такий розрахунок дав змогу правильно оцінити роботу кільцевих елементів і напружень у місцях кріплення контрлопаті до корпуса та кільця, що призводило до недосконалих конструктивних рішень [10].

При першому вдосконаленні розрахунку [7, 9] контрлопаті розглядалися без приєднаних деталей, але після розрахунку та приєднання до них кільця прово

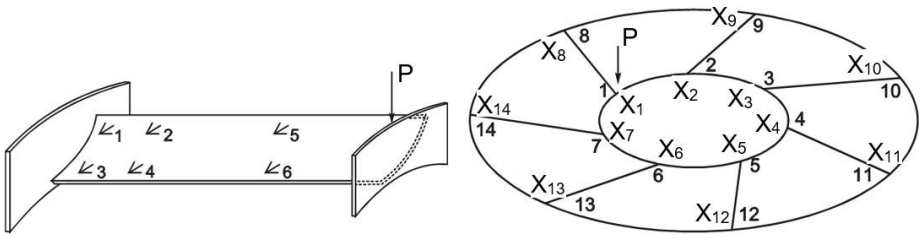
дився окремий розрахунок спільної деформації в перпендикулярній площині. Навантаження в діаметрально протилежних контрлопатях підраховувалося за нормальним и напруженнями в перерізах кільцевих зв'язків між суміжними контрлопатями.

Радіальне переміщення вузла кожного кільцевого зв'язку системи (рис. 1) залежить від навантаження, а також від розмірів і жорсткостей зв'язків та радіальних контролопатей. Розрахунок цієї просторової схеми завдяки наявній циклічній симетрії зводиться до розгляду радіальної контрлопаті з осьовими зусиллями в перерізах зв'язків. Ці зусилля замінюються їх радіальними складовими, які розглядаються прикладеними на раму через горизонтальні опори з пружностями, розрахованими за радіальними жорсткостями кільцевих зв'язків (по згинальній і поздовжній жорсткості кілець).

Прийнятий варіант «основної» системи при розрахунку за методом сил наведено на рис. 2. Вказано лише зусилля від основних обв'язок, з урахуванням яких, як показали вимірювання на окремих контрлопатях, можна обмежитися. За статично визначальною «основною» системою знаходяться коефіцієнти δ_{ik} та вільні члени Δ_{ip} канонічних рівнянь пружності з урахуванням деформацій згину та повздовжніх деформацій:

$$\delta_{ik} = \sum_{0}^{n} \int \frac{\bar{M}_i M_k}{JE} ds + \sum_{0}^{n} \frac{N_i N_k}{EJ} l \ ;$$

$$\Delta_{ip} = \sum_{0}^{n} \int \frac{M_i M_p}{EJ} + \sum_{0}^{n} \frac{N_i N_p}{EF} l. \qquad (1)$$



а *б*

Рис. 2. Розрахункова схема контрлопатей, з'єднаних у рамну конструкцію: а) елемент рамної конструкції; б) схема прикладання сил

За підрахованими δ_{ik} та Δ_{ip} розрахункової схеми (рис. 1) складають канонічні рівняння:

$$\begin{cases} \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \ldots \delta_{1v}x_v + \Delta_{ip} = 0 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \delta_{v1}x_1 + \delta_{v2}x_2 + \ldots \delta_{vv}x_v + \Delta_{vp} = 0 \end{cases} \qquad (2)$$

з яких знаходять статично невизначені зусилля $x_1, x_2, x_3, \ldots x_v$. Моменти і повздовжні сили в стержнях системи розраховують за методом додавання дій сил:

$$\left.\begin{array}{c} M = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \cdots \bar{M}_v X_v + \bar{M}_p \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ N = N_1 X_1 + N_2 X_2 + \cdots N_v X_v + N_p \end{array}\right\} \qquad (3)$$

Для зручності варіювання кільцевих зв'язків і зменшення кількості невідомих у рівняннях може бути спочатку визначено невідомі $X_1, X_2, ..., X_6$ залежно від $X_1 = 1$ т, $X_2 = 1$ т та заданого навантаження, також визначені відповідні їм коефіцієнти пружності, а після цього знайдено зусилля $X_1, X_2, ..., X_6$ у зв'язках.

При розрахунку, при навантаженні $P = 1$ т, у припущенні абсолютно жорстких кільцевих обв'язок зусилля в обв'язках одержуємо рівними $X_1 = 0{,}774$ т; $X_2 = 1{,}491$ т; напруження в рамі відрізняються від наведених у [3, 6] не більше, ніж на 15%. Отримана розбіжність розрахункових напружень із виміряними на натуральному зразку та наведеними у [3, 6] значною мірою визначаються складностями правильного врахування жорсткостей елементів і вузлів рамної конструкції, тобто підрахунку величин δ_{ik} та Δ_{ip}. Наявність значних напружень у вузлах рамної конструкції, які отримано експериментально на елементах натурального зразка, підтверджується на підставі кінематичного аналізу її схеми.

Експериментальні дослідження напруженого стану деталей і вузлів проведено з урахуванням результатів теоретичного аналізу деформацій та напружень і виконано із застосуванням методів прикладної механіки та чисельних методів теорії пружності [7]. Попередньо проведені дослідження напружень на моделях [3] дають змогу при статичному та динамічному тензометруванні натурної конструкції використовувати менше необхідних тензодатчиків і найбільш правильно вибирати їх розташування на досліджуваному елементі.

Перші тензометричні дослідження дифузійного апарата проведено на Саливонківському цукровому заводі [1]. Використання інформаційно-вимірювальної системи дало змогу відпрацювати методику універсального дослідження. Етапи експериментальних досліджень: визначення напружень, зусиль, переміщень і крутних моментів в елементах транспортної системи з метою оцінки динамічних характеристик лопатей різних конструкцій; визначення дійсних параметрів навантажень та відповідних їм деформацій і напружень в елементах конструкції; накопичення статистичних даних про навантаження при експлуатації дифузійних апаратів, для розроблення уточнених методів розрахунку та обґрунтування експлуатаційного ресурсу; контроль реального навантаження та стану конструкції для оцінки залишкового ресурсу апарата.

Висока ефективність сучасних числових методів розрахунку з використанням комп'ютерних програм дала змогу вирішити багато завдань проєктування екстракційного обладнання, включаючи оптимізацію форм і розмірів елементів транспортної системи [5]. Однак при складній конфігурації робочої поверхні транспортної системи та різних поєднаннях зовнішніх навантажень чисельні методи виявлялися неефективними для розрахунку напружено-деформованого стану через необґрунтовані спрощення. Дійсні навантаження, які зумовлені специфікою експлуатації апарата, особливо при аварійних і нестандартних ситуаціях, суттєво відрізняються від номінальних, що приймаються під час проєктування. Тому для визначення реальної навантаженості елементів транспортної системи при доведенні дослідних зразків у реальних умовах експлуатації застосовували методи експериментальної механіки і, зокрема, тензометрію, використовуючи безконтактні методи вимірювання крутного моменту [3].

Розглянемо специфіку досліджень і постановку тензометричних експериментів на технологічному обладнанні, результати натурних досліджень напружено-деформованого стану транспортних систем колонних дифузійних апаратів і розрахунково-експериментальний системний підхід, розроблений та проведений на низці цукрових заводів України та за кордоном.

Методика експериментального вимірювання напруженого стану в лопатях та контрлопатях транспортної системи. Вимірювання напружень у лопатях і контрлопатях дифузійних апаратів, проведені на цукрових заводах, досить повно описані у [1, 2, 5].Однак є питання, які слід висвітлити повніше. До них відноситься отримання безперервного запису напружень у процесі експлуатації безконтактним методом вимірювання навантажень, вибір і монтаж тензорезисторів, що працюють в агресивному середовищі і при пульсуючих температурах із застосуванням безконтактних вимірювальних систем. Запропонована методика надає можливість проводити вимірювання деформацій при змінних температурах з досить високою точніс -тю, використовуючи при цьому термостійкі тензорезистори, що приварюються. Різ- ні температурні характеристики робочого та компенсаційного тензорезисторів, які отримано, апроксимувалися лінійною функцією та уточнювалися за допомогою тензорезисторів-свідків, які встановлюються в корпусі дифузійної колони.

На рис. 3 показано схему дифузійної установки зі зміненою конструкцією транспортної системи. Трубовал *4*, обертаючись навколо осі O_1-O_1 із заданою кутовою швидкістю залежно від необхідної продуктивності, переміщує лопаті *1*. При обертанні трубовала лопаті переміщують стружку, однак для забезпечення стійкого і рівномірного транспортування контрлопаті перешкоджають закручування стружки в горизонтальних площинах разом з лопатями і змінюють її рух у необхідному напрямку. При цьому контрлопаті, через сокостружкову суміш, чинять силову дію на лопать. Таким чином, у процесі руху лопать взаємодіє з сокостружковою сумішшю, сприймаючи при цьому подвійне навантаження сокостружкової суміші та контрлопатей. У результаті такої взаємодії виникає пульсуючий напружений стан.

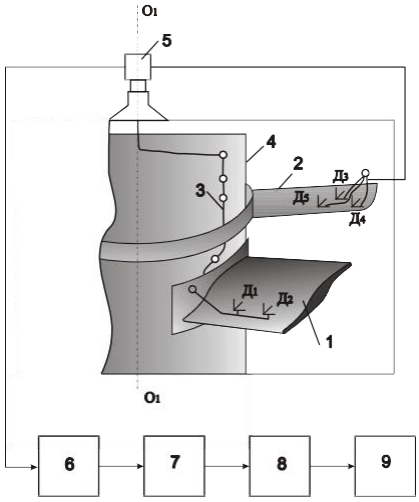


Рис. 3. Схема вимірювального комплексу колонного дифузійного апарата

Досвід [1] показав, що доцільно розміщувати датчики в тих місцях елементів обладнання, де є найбільші деформації. Максимальні напруження в лопатях виникають у місцях кріплення лопатей до трубовалу *4*, а в контрлопатях — у місцях їх кріплення до корпусу.

Реєстрацію проводили пересувним вимірювально-обчислювальним багатокана льним комплексом, що розміщувався у будівлі цукрового заводу. До складу вимірювально-обчислювального комплексу для вимірювань напружень і деформацій входили серійні прилади. Комплекс містить також PC разом із додатковим и прис -

троями для оперативної обробки результатів вимірювань за розробленою програмою [1].

Суттєве значення при оцінці міцності лопатей і контрлопатей має врахування напружень при швидкоплинних перехідних режимах апарата (пуск, правильна зупинка апарата, аварійні зупинки та скидання навантаження). На перехідних режимах можливе виникнення значних напружень одного знака, що може призвести до аварій, а також до виникнення значних змінних і пульсуючих напружень, що спричиняє утворення втомлюваних тріщин.

Для всебічного аналізу цих явищ у натурних умовах на лопатях і контрлопатях рамних конструкцій проводили два види тензометричних вимірювань:

- статичні вимірювання деформацій у відносно великій кількості точок (близько 20) для вивчення розподілу напружень при встановлених режимах, які можуть витримуватися в апараті тривалий час;

- комп'ютерну реєстрацію динамічних деформацій і переміщень при робочих режимах апарата одночасно в 5...10 точках на лопаті та контрлопаті з координованим за часом записом основних показань, що визначають робочий стан апарата та параметри навантаження (рівень води в дифузійній колоні, навантаження, оберти трубовалу, споживана потужність, окремі позначки зміни режимів роботи апарату та позначка часу). Діапазон частот зміни цих деформацій від 0 до 50 Гц.

При тензометруванні контрлопатей, що мають тріщини в місцях кріплення їх до корпусу та кільця, тензодатчики встановлювалися в зонах тріщин і тих же місцях на контрлопатях, що не мають тріщин. Таким чином оцінювався вплив перенавантажень. Для оцінки зниження напружень тензодатчики встановлювалися також на контрлопатях, що мали тріщини та посилені накладки. Розташування основних тензодатчиків на поверхні контрлопатей показано на рис. 4. Для забезпечення завадостійкості досліджуваних сигналів і виключення їхнього взаємного впливу всі з'єднання у вимірювальних каналах здійснюються екранованими кабелями. При вимірюванні деформацій на лопатях та контрлопатях апарата застосовували дротяні, термокомпенсовані, вологостійкі датчики з базою 20 мм та опором 400 Ом. Чутливу решітку тензодатчиків виконано з константанового невідпаленого дроту діаметром 30 мк. Коефіцієнт тензочутливості K=2,01.

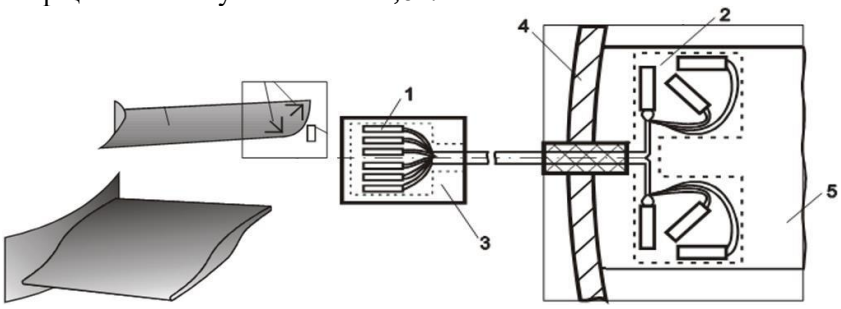


Рис. 4. Схема розташування тензодатчиків на контрлопаті транспортної системи

На рис. 5 представлено одну з осцилограм напружень, що виникають у лопаті дифузійного апарата на одному з цукрових заводів. Запис напружень проводили при продуктивності апарата 97,2 т/год і частоті обертання трубовалу 0,0053 $с^{-1}$. Перші три криві *1* (рис. 5) показують зміну напружень t_1, t_2, t_3 в розетці, що розташована на відстані 200 мм від трубовалу, криві *2* — на відстані 400 мм.

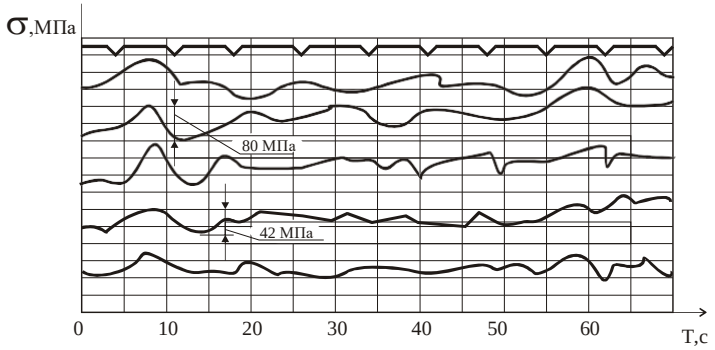


Рис. 5. Осцилограма напруженого стану в лопаті при пуску та зупинці дифузійного апарата

Через 60 с після початку запису зупиняли трубовал і напруження знижувалися до нуля. Це надавало можливість кожному датчику визначити початок відліку. Момент пуску показано на осцилограмі рис. 5.

На наведених осцилограмах чітко видно пульсації напружень і очевидна причина, що викликає такий напружений стан — пульсуюче навантаження. При режимі роботи апарата змінна складова напружень не перевищує 20...30% від постійної складової. Найбільше нормальне напруження в лопатях при номінальній потужності апарата виникає у місці з'єднання лопаті й трубовалу. При пікових підвищеннях потужності напружень в окремих точках лопаті перевищують номінальні. Таке збільшення напружень збігається з моментом проходження лопаті під контрлопаттю.

Уся експериментальна робота проводилася при різних експлуатаційних режимах з одночасним безперервним записом напружень, що виникають при цьому. Аналізуючи експериментальні дані, можна відзначити, що різні за конструкцією транспортні системи забезпечують приблизно однакову годинну переробку при різних частотах обертання трубовала та витратах енергії. Транспортна система дифузійної установки типу КДА, обертаючись з частотою 0,54 об/хв (0,009 $с^{-1}$), споживає в 4,5 раза більше електроенергії, ніж привід трубовала з модернізованою системою, що забезпечує майже таку ж продуктивність при обертанні із частотою 0,1 об/хв (0,0016 $с^{-1}$). Порівнюючи величини питомих наповнень, продуктивності, часу екстрагування, можна дійти невтішного висновку, що значну зміну споживання енергії приводом трубовалу до та після модернізації можна пояснити лише інтенсивним перемішуванням сокостружечної суміші у процесі транспортування. Хоча середній інтегральний час дифундування не змінюється, збільшене розсіювання виходу стружки призводить до підвищення втрат сахарози в жомі [8].

Результати оброблених даних представлено на рис. 6 у графічному вигляді. Максимальні напруження представлено кривою *1*, мінімальні — кривою *2*, крива *3* показує зміна кута, що характеризує положення основних напружень у площині та часі. Зміна в часі основних напружень визначається їх середнім значенням і відносним відхиленням від них.

Розмір середнього значення основних напружень залежить від питомого наповнення колони стружкою та швидкості обертання трубовалу. При частоті обертання 0,21 об/хв (0,0035 $с^{-1}$) і питомому наповненні 520 кг/$м^3$ середнє значення головних максимальних напружень у модернізованому апараті 108,3 кг/$см^2$ (10,83 МПа) до модернізації — 325 кг/$см^2$ (32,5 МПа).

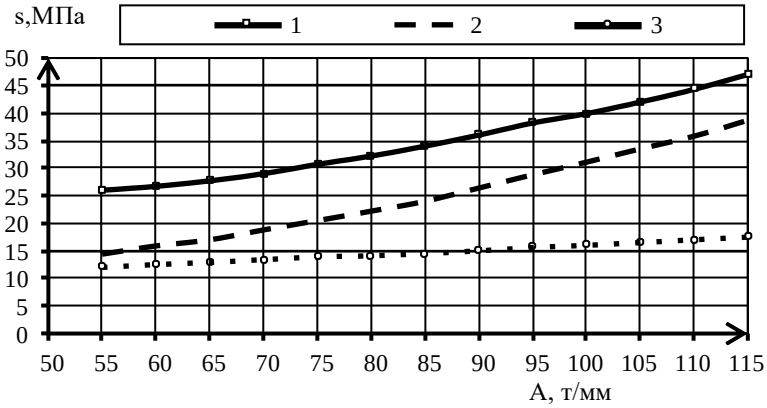


Рис. 6. Залежність напруженого стану від продуктивності апарата:
1 — τ_{max} — максимальне головне напруження; 2 — α^0 — кут, що характеризує напрямок головного напруження на поверхні лопаті; 3 — σ_{min} — мінімальне головне напруження

Зсув кривих у часі на осцилограмі однієї відносно іншої підтверджує, що, окрім вигину, лопать зазнає кручення. Зміна кута напряму основних напружень показує ступінь спільної дії на лопать згину та кручення. При дії на лопать навантаження кручення зазор між лопаттю та контрлопаттю зверху збільшується, при цьому практично не змінюється зазор від лопаті до нижньої контрлопаті. Викликано це тим, що закручування лопаті відбувається навколо центру тяжіння поперечного перерізу. Центр тяжіння зміщено до лобової кромки лопаті, отже, нижній проміжок збільшується незначно. Це виключає можливість зачеплення лопаті та контрлопаті, як це мало місце у транспортній системі з лопатями трикутного поперечного перерізу, де центр тяжіння поперечного перерізу та центр навантаження лопаті збігався. Тому при перевантаженнях лопать прогиналася та виникала можливість аварійної ситуації. Зміщення центрів тяжіння й застосування навантаження в модернізованих лопатях створює також ефект саморозвантаження та більш плавного її навантаження. У лопаті напруження перерозподіляються так, що вони не досягають критичних значень. Залежність між величиною навантаження та деформацією лопаті встановлено аналітичним шляхом [7].

Напруження в точках вимірювань знаходиться в складній залежності від потужності, що споживається приводом, і змінюється залежно від співвідношення розмірів лопаті, контрлопаті та інших параметрів апарата. Очевидно, це пов'язано з перерозподілом тисків на робочу поверхню лопаті від потоку сокостружкової суміші.

На виникнення в лопаті динамічних напружень суттєво впливають форма і розміри лопаті та контрлопаті, особливо їхнє взаємне розташування. У проведених експериментах з модернізованою транспортною системою вихідна кромка лопаті не створює за нею вихорів, що порушувало б технологічний процес екстрагування. При перехідних режимах роботи додаткові складові напруження в лопатях зростають до 30...40% від середньої складової, але сумарні напруження в лопаті не перевищують по абсолютній величині найбільші напруження, що діють при номінальних навантаженнях апарата.

Висновки. Встановлено, що ефективна та надійна експлуатація екстракторів потребує підтримки заданих технологічних режимів. Найважливішими для процесу екстрагування є діагностика та перемішування твердої фази. Перемішування необхідно для відновлення пружних властивостей суміші та покращення гідродина міч-

ної обстановки в колоні, але інтенсивність перемішування повинна мати обґрунтовані межі. Зайве перемішування шкідливе і призводить лише до додаткового подрібнення стружки та погіршення гідродинамічних властивостей сокостружкової суміші. Разом з тим встановлено, що форма лопаті може створювати гідродинамічну масу, що інтенсифікує масообмінні процеси в апараті. Це дає змогу визначити науково-обґрунтовані напрямки вдосконалення конструкцій транспортних систем екстракторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Серьогін, О. О. Практичний досвід експлуатації, діагностики та ремонту промислових екстракторів / О. О. Серьогін, Д. М. Люлька, В. В. Пономаренко // Цукор України. №1 (61). 2011. С. 51—55.
2. Pástor, M., Čarák, P., & Gömöry, I. (2019). The assessment of the residual stresses influence on generation of the infringement in shape-complexsupporting members. Strojníckycasopis — Journal of Mechanical Engineering, 69(1), 85—96. https://doi.org/10.2478/scjme-2019-0007.
3. Андрєєв, А. Г. Тензометрія: підручник / А. Г. Андрєєв, Г. І. Львов, О. В. Щепкін. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. 232 с.
4. Кухар, В. В. Основи експериментальних методів дослідження процесів обробки металів тиском: навчальний посібник / В. В. Кухар, О. С. Аніщенко, А. Г. Присяжний. Маріуполь: ПДТУ, 2019. 234 с.
5. Yurgaytis,A., Topchiy, D., & Chernigov, V. (2019). Conducting tensometric monitoring of the technical and stress-strain state of underground facilities. MATECWeb of Conferences, 265, 05036. https://doi.org/10.1051/matecconf/201926505036.
6. Супрунчук, В. К. Ремонт обладнання підприємств по переробці сільськогосподарської продукції: Довід. / В. К. Супрунчук, М. П. Роменський, О. М. Панчук, В. М. Роменська // К.: Урожай, 1992. 176 с.
7. Novotnak, J., Smelko, M., Andoga, R., Lipovsky, P., & Filko, M. (2019). Modeling of the tensometric measuring system. Acta Avionica Journal, 18—23. https://doi.org/10.35116/aa.2019.0004.
8. Люлька, Д. Ефективні способи діагностики екстракційного обладнання цукрових заводів / Д. Люлька, О. Серьогін, О. Арапов// Харчова і переробна промисловість. 2005. №3, С. 6—7.
9. Пат. на корис. модель №34157U Україна, C13D 1/10 (2008.1). Колонний дифузійний апарат / Серьогін О. О., Адаменко В. П., Серьогіна Л. К., Люлька Д. М., Серьогіна Т. О. №u 2008 03874; Заявл. 27.03.08; Опубл. 25.07.08.
10. S. Nikiel. Ciagly dyfusor korytowy/ Wydawnictwa naukowo-techniczne., Warszawa. 1971. 146 p.
11. Sotudeh-Gharebagh, R., Shamekhi, H., Mostoufi, N., & Norouzi, H. R. (2009). Modeling and optimization of the sugar extraction process. International Journal of Food Engineering, 5(4). https://doi.org/10.2202/1556-3758.1398.
12. Суранов, О. В. Основи автоматизації будівельних, дорожніх і вантажнорозвантажувальних машин. Ч. 1. Вимірювальні перетворювачі: Навчальний посібник / О. В. Суранов, В. О. Стефанов, О. О. Суранов // Харків: УкрДАЗТ, 2011. 146 с.

УДК 621.798.4

STUDY OF CHARACTERISTIC PARAMETERS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FORMING PROTECTIVE AIR PACKAGING

A. Derenivska, S. Blazhenko, N. Maslo, V. Kostin
National University of Food Technologies

Key words:
Packaging,
Valve,
Air-bubble packaging,
Inflatable air protective packaging

Article history:
Received 14.12.2023
Received in revised form 15.12.2023
Accepted 18.12.2023

Corresponding author:
anastasya.d@gmail.com

ABSTRACT

The analysis of the proposals in the inflatable protective packaging market indicates a further increase in its use. In addition, scientific research will determine the prospects for the development of new and improvement of existing packages. One of the directions is the research related to the peculiarities of the use of check valves, the main function of which is the supply and retention of air inside the package. These functions are provided by the geometric dimensions and structural features of the internal channels for the movement of air inside the check valve. The article is aimed at studying the features and characteristic parameters of the process of forming inflatable protective packaging using check valves. The object of research is the technological process of forming inflatable protective packaging of various geometries and methods of execution. The subject of the study is the diagrams of the technological process of forming an inflatable protective package and the distribution of pressure values, speed during air movement in check valves. The simulation results showed a clear distribution across the pressure zones during air movement in different types of check valves. With the help of simulation modeling confirmed: the ability to control the conditions of air movement using the geometry of check valves; expediency of using a valve with four outlet channels, as such, in which the speed of air movement is minimal, and the created air pressure is maximum. Using this valve design, a cell with a higher pressure can be obtained during the packaging process. This will provide greater protection for the product from dynamic loads. The method of studying the process of forming air protective packaging with the help of check valves allows determining the maximum load and choosing the type of packaging material. It helps find the optimal operating modes of devices for making packaging, as well as the rational design and geometric parameters of check valves.

DOI: 10.24263/2225-2916-2023-33-34-17

© А. В. Деренівська, С. І. Блаженко, М. А. Масло, В. Б. Костін, 2023

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАХИСНОЇ ПОВІТРЯНОЇ УПАКОВКИ

А. В. Деренівська, канд.техн. наук,
С. І. Блаженко, канд.техн. наук,
М. А. Масло, канд.техн. наук,
В. Б. Костін, канд.техн. наук
Національний університет харчових технологій

Мета статті полягає в дослідженні особливостей і характерних параметрів процесу формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою зворотних клапанів, основна функція яких — подача та утримання повітря всередині упаковки. Дослідження процесу переміщення повітря в зворотних клапанах та упаковці дає змогу визначити максимальне навантаження на пакувальний матеріал, підібрати необхідний вид пакувального матеріалу, знайти оптимальні режими роботи пристроїв для виготовлення такої упаковки, раціональні конструкцію та геометричні параметри зворотних клапанів.

Ключові слова: *пакування, клапан, повітряно-бульбашкова упаковка, надувна повітряна захисна упаковка.*

Постановка проблеми. Сучасна індустрія упаковки виявляє різноманітність у типах і матеріалах упаковок. Технології пакування харчових продуктів стрімко розвиваються, вносячи інновації в цю сферу. Упаковка, яка використовує комірки з повітрям для захисту продукту, — один із результатів розвитку сфери пакування.

Основні переваги повітряної захисної плівки [1, 2]: широкий температурний діапазон експлуатації; висока механічна міцність та амортизаційні властивості; легко піддається механічній обробці й зварюванню; високий опір проникненню вологи; пилонепроникність; мала вага; захист від подряпин; висока гнучкість, що полегшує процес пакування, охоплює форму товару, заощаджує внутрішній об'єм транспортної упаковки; не містить токсичних речовин; не змінює фізико-хімічних властивостей продуктів.

Спочатку використовувавсь такий допоміжний пакувальний засіб, як Bubble Wrap Packaging (повітряно-бульбашкова/пухирчата обгортальна плівка). Вона буває (рис. 1, а, б) двошаровою та тришаровою. Двошарова складається з двох шарів: шару бульбашок і гладкого шару поліетилену. Тришарова — трьох шарів: двох шарів гладкого поліетилену й шару бульбашок, який розташований між ними. Основними параметрами плівок є діаметр бульбашок і щільність поліетилену. Товщина плівки залежить від діаметра бульбашки, а величина допустимого навантаження — від щільності матеріалу.

Усі бульбашки не пов'язані, тому під час порушення цілісності однієї (наприклад, при різанні плівки, ударах, здавлюванні) інші зберігають усередині себе повітря, чим забезпечують захисні властивості.

Bubble Wrap Packaging в пакуванні харчових продуктів мало поширена, але може бути використана:

1. Як прокладка або обгортковий матеріал для крихких продуктів, які чутливі до тиску або ударів і легко втрачають товарний вигляд (яйця, фрукти, овочі).
2. Для збереження холоду або тепла (рис. 2, а, б).

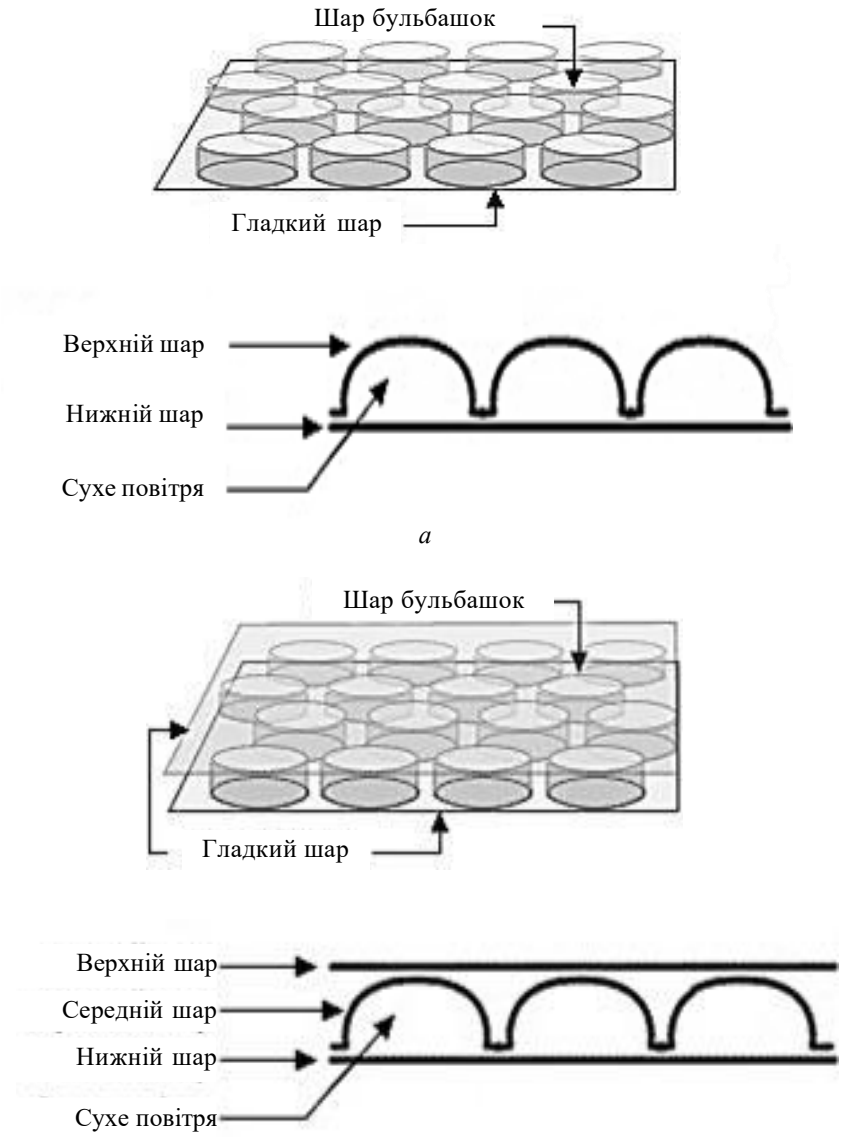


Рис. 1. Повітряно-бульбашкова плівка: *а* — двошарова, *б* — тришарова

Наступним етапом розвитку стала розробка надувної захисної повітряної упаковки, яка має переваги повітряно-бульбашкової плівки, але потребує для виготовлення пакувальний матеріал більшої товщини. Додатковою перевагою є можливість забезпечити процес «дихання» плодоовочевої сировини, організувати розташування, надійно зафіксувати товари всередині упаковки та використовувати на різних стадіях пакування. Крім того, наповнення заготовок захисної повітряної упаковки повітрям відбувається безпосередньо перед пакуванням — автоматично або вручну. Доступність заготовок і різноваріантність їх заповнення повітрям дає змогу забезпечити такий пакувальний процес, який зекономить витрати на логістичні операції та зменшить використання виробничої площі. Крім того, така технологія пакування забез-

печує використання упаковки не тільки способом обгортання, заповнення вільного простору повітряними «подушками», а й безпосередньо пакування продукту чи пакованої одиниці будь-якої форми й типорозміру в споживче, групове чи транспортне пакування. Продукт буде надійно зафіксований та захищений від зовнішніх навантажень.

а *б*

Рис. 2. Способи використання Bubble WrapPackaging дляпакування: а — полуниці; б — вина

Основними видами надувної захисної повітряної упаковки є: Air Pillow Packaging; Air Cushion Film; Inflatable Air Packaging.

Air Pillow Packaging — це допоміжний пакувальний засіб типу «подушка» зі зворотним клапаном. Заготовка може мати форму кола або прямокутника. Найчастіше використовується для заповнення вільного простору і фіксації в потрібному положенні товару в транспортній упаковці (рис. 3).

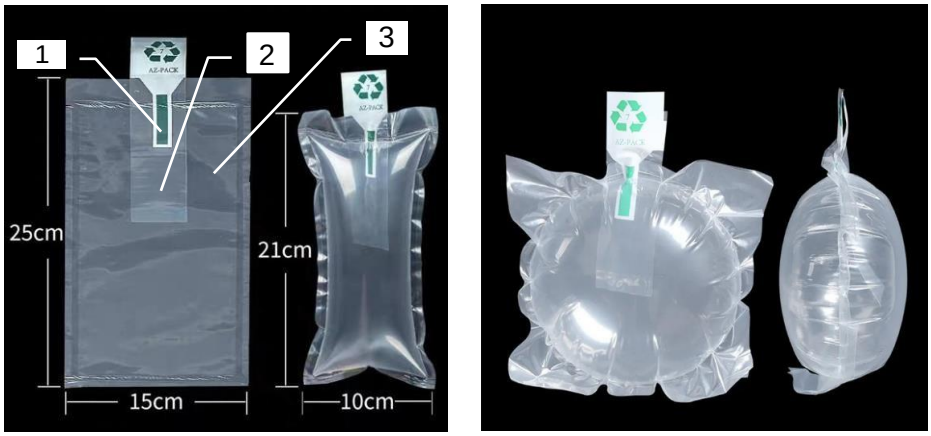


Рис. 3. Упаковка Air PillowPackaging зі зворотним клапаном: 1 — зворотний клапан для подачі повітря; 2 — рукав подачі повітря від клапана всередину упаковки; 3 — корпус упаковки

Упаковка Air Cushion Film (рис. 4) — це рукав плівки зі зварними швами виконаними таким чином, щоб вони утворювали по ширині плівки комірки, або їх ряди поєднані каналом. Формоутворення відбувається за допомогою зворотних клапанів, повздовжніх і поперечних каналів, в які подається повітря. Використовується для обгортання або фіксації товару заповненням вільного простору транспортної упаковки. Може бути матеріалом для подальшого виготовлення Inflatable Air Packaging.

Рис. 4. Використання повітряної захисної плівки Air Cushion Film

Найбільш поширена форма комірок (рис. 5): коло, квадрат, прямокутник, трубка тощо. Структурними елементами (рис. 6) можуть бути: повздовжній і бокові канали для подачі повітря; зворотні клапани подачі повітря в комірки; комірки різної форми та розмірів; зварні шви для створення каналів, комірок, ребер упаковки (якщо виготовляємо Inflatable Air Packaging) та герметизації заповнених повітрям рядів комірок.

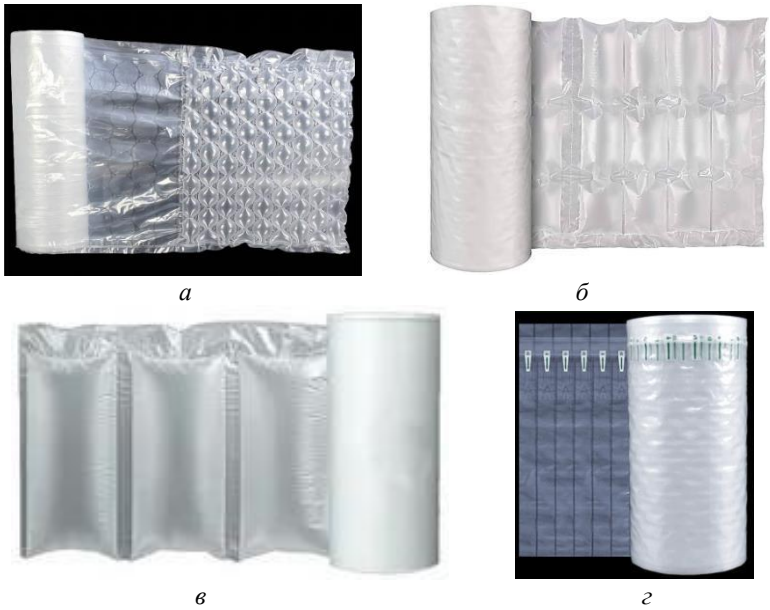
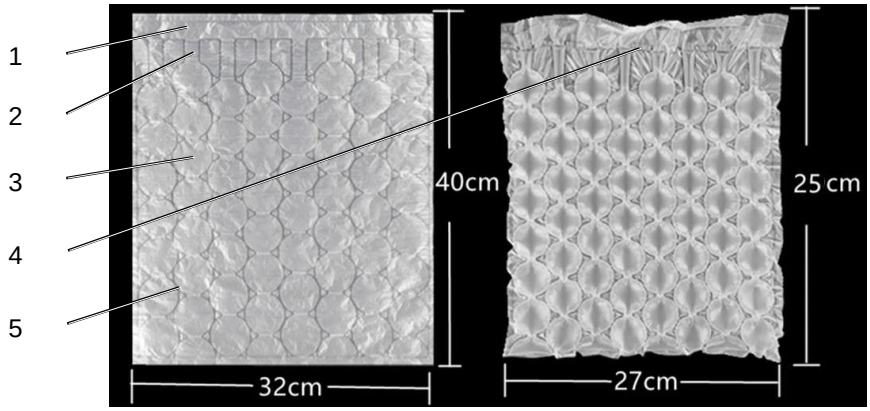


Рис. 5. Найбільш поширені зразки рулонного пакувального матеріалу для виготовлення Air Cushion Film із комірками у вигляді: *а* — кола , *б* — квадрата, *в* — прямокутника, *г* — трубки



а *б*

Рис. 6. Характерна будова Air Cushion Film: *а* — заготовка упаковки, *б* — заповнена повітрям упаковка; 1 — повздовжній канал для подачі повітря; 2 — бокові канали для подачі повітря в ряд(без зворотних клапанів); 3 — комірка (круглої форми); 4 — зварний шов для герметизації заповнених повітрям рядів комірок; 5 — зварний шов для створення комірок упаковки

Inflatable Air Packaging — це повітряна захисна упаковка призначена безпосередньо для пакування в неї різних товарів і продуктів. Залежно від стадії пакування вона може виконувати функції споживчої, групової й транспортної упаковки (рис. 7). Упаковка може бути виготовлена шляхом складання навпіл і утворювати «кишеню» (рис. 7, *а*) та мати отвори для «дихання» продуктів (рис.7, *г*) — Inflatable Air Bag. Але на сьогодні,найбільш поширеною є Inflatable Air Column Bag, яка виготов- ляється з Air Cushion Film з певним видом комірок — циліндричним (рис. 7, *б, в, д*).

Проведений аналіз пропозицій на ринку надувної захисної упаковки свідчить про подальше зростання її використання. Крім того, проведення наукових досліджень дасть змогу визначити перспективи для розробки нових і вдосконалення існуючих упаковок. Одним із напрямків запропоновано проведення досліджень, пов'язаних з особливостями використання зворотних клапанів, основна функція яких — подача й утримання повітря всередині упаковки. Ці функції забезпечуються геометричними розмірами та особливостями будови внутрішніх каналів для переміщення повіт - ря всередині зворотного клапану.

Мета статті полягає в дослідженні особливостей і характерних параметрів процесу формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою зворотних кла - панів.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технологічний процес формоутворення надувної захисної упаковки різної геометрії та способів виконання. Предмет дослідження — схеми технологічного процесу формоутворення надувної захисної упаковки та розподіл значень тиску, швидкості під час переміщення повітря в зворотних клапанах.

Дослідження проводилось з використанням методів аналізу та синтезу. Дослідження параметрів процесу формоутворення упаковки проводилось шляхом імітаційного моделювання [3] переміщення потоку стисненого повітря всередині зворотних клапанів у програмі загального параметричного моделювання потоків газів (рідини) і базувалось на використанні теорії гідрогазодинаміки — закону нерозривності струмини потоку повітря, закону Бернуллі.

а

б

в

г

д

Рис. 7. Зразки використання повітряної захисної упаковки типу Inflatable Air Packaging для пакування: *а* — карамболі, *б* — винограду, *в* — пляшки вина, *г* — групи алюмінієвих банок, *д* — персиків

Початкові умови імітаційного моделювання [4]. Навколишні умови: температура 293,2 К, тиск 101350Па. Конструкція та геометричні параметри зворотних клапанів і комірки упаковки.

Результати дослідження. Проведене дослідження з використанням методів аналізу та синтезу дало змогу встановити відповідність між видами повітряної захисної упаковки та способами її використання, а також розробити узагальнюючу класифікацію. Результати дослідження наведені на рис.8, 9.

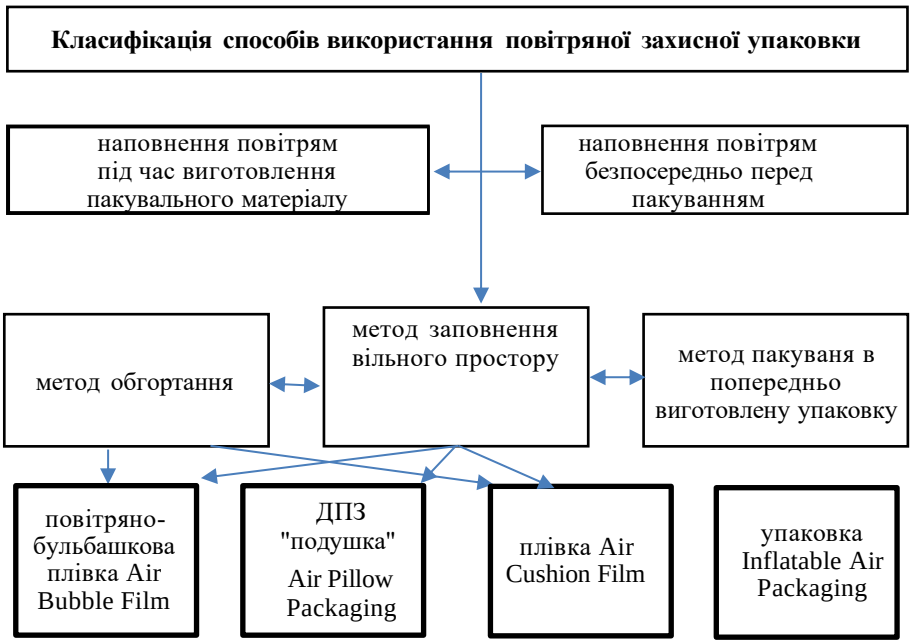


Рис. 8. Класифікація способів використання повітряної захисної упаковки

Проведене дослідження технологій формоутворення надувної захисної упаковки зі зворотними клапанами дало змогу визначити такі спільні операції: 1) подача повітря через зворотний клапан; 2) заповнення комірки/комірок повітрям; 3) герметизація клапана для подачі повітря під дією надлишкового тиску всередині комірки; 4) припинення подачі повітря. Виконання клапанів та комірок може бути різноманітне. Під час дослідження встановлено: під час формоутворення надувної захисної упаковки за допомогою стисненого повітря можуть виникати значні зусилля, існує можливість розтягування плівки або розриву зварних швів.

Для уникнення цих явищ необхідно визначити розподіл значень тиску та швидкості повітря в каналах і комірках упаковки. Результати проведеного моделювання для визначення тиску та швидкості повітря під час формоутворення надувної захисної упаковки представлено на рис. 12—15.

Характерні технологічні схеми наповнення повітрям надувної захисної упаковки [5, 6, 7] з та без зворотних клапанів наведені на рис. 10, 11.

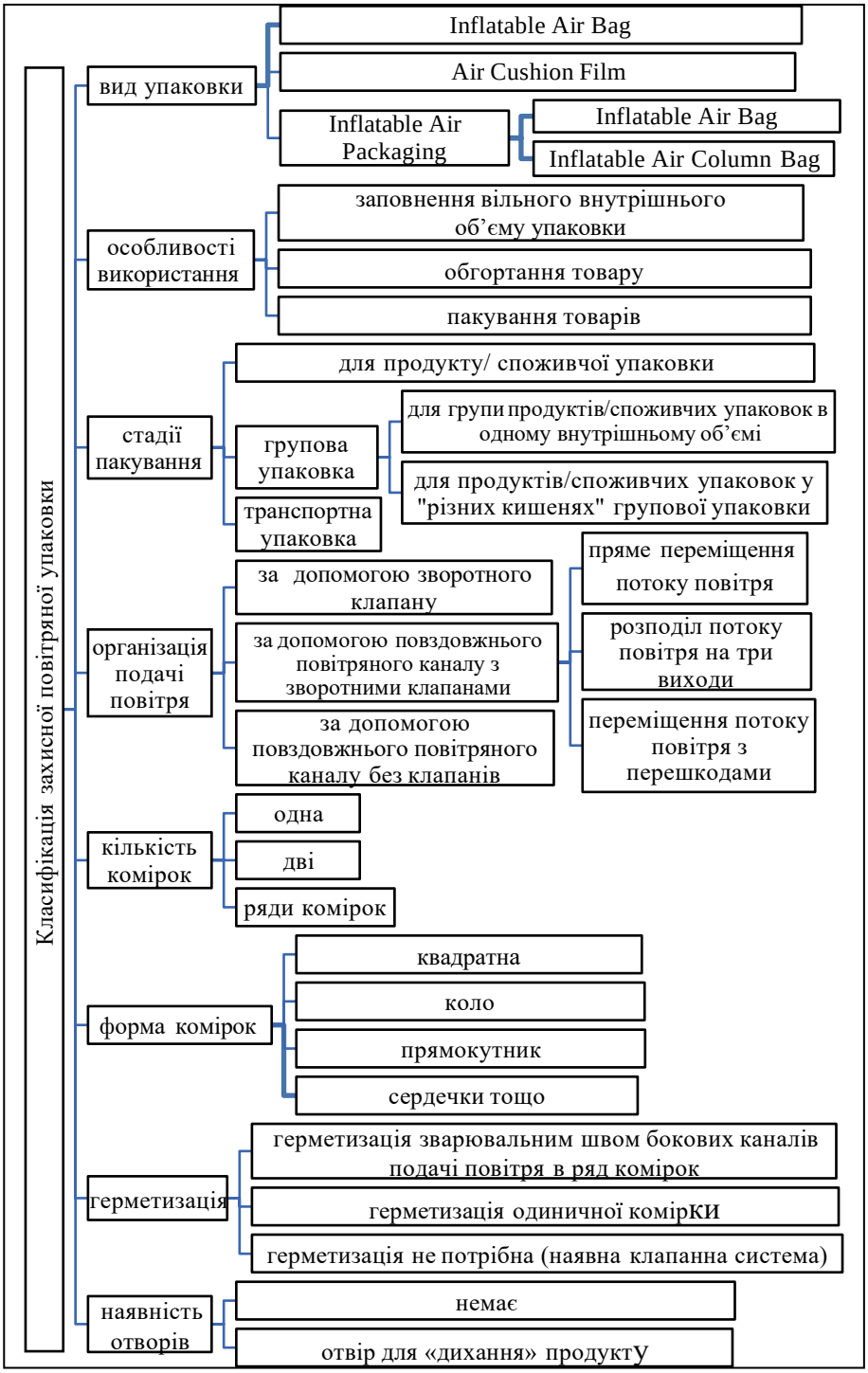


Рис. 9. Загальна класифікація повітряної захисної упаковки

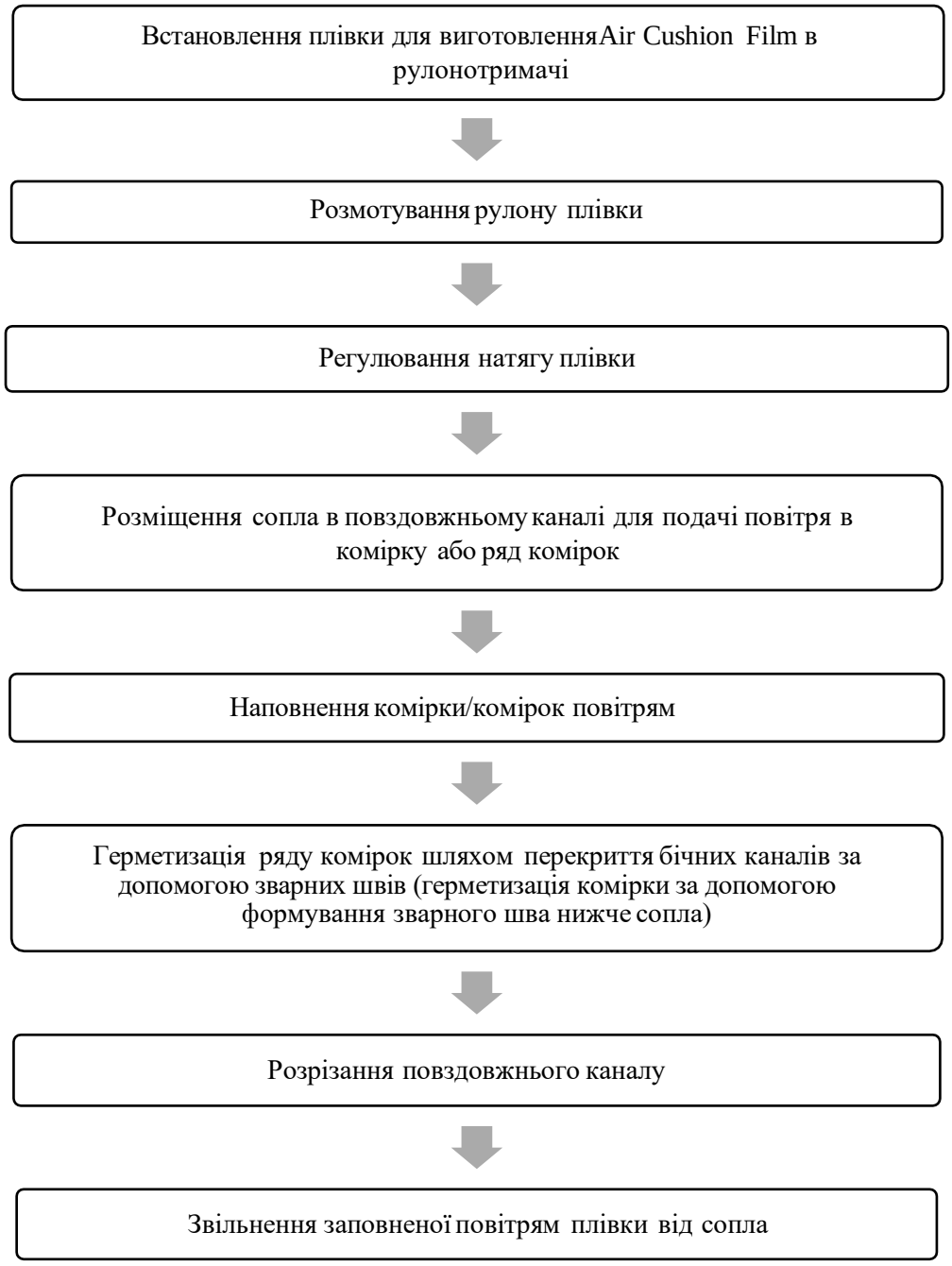


Рис. 10. Характерна технологічна схема формоутворення Air Cushion Film без зворотних клапанів за допомогою спеціального обладнання Air Cushioning Machine

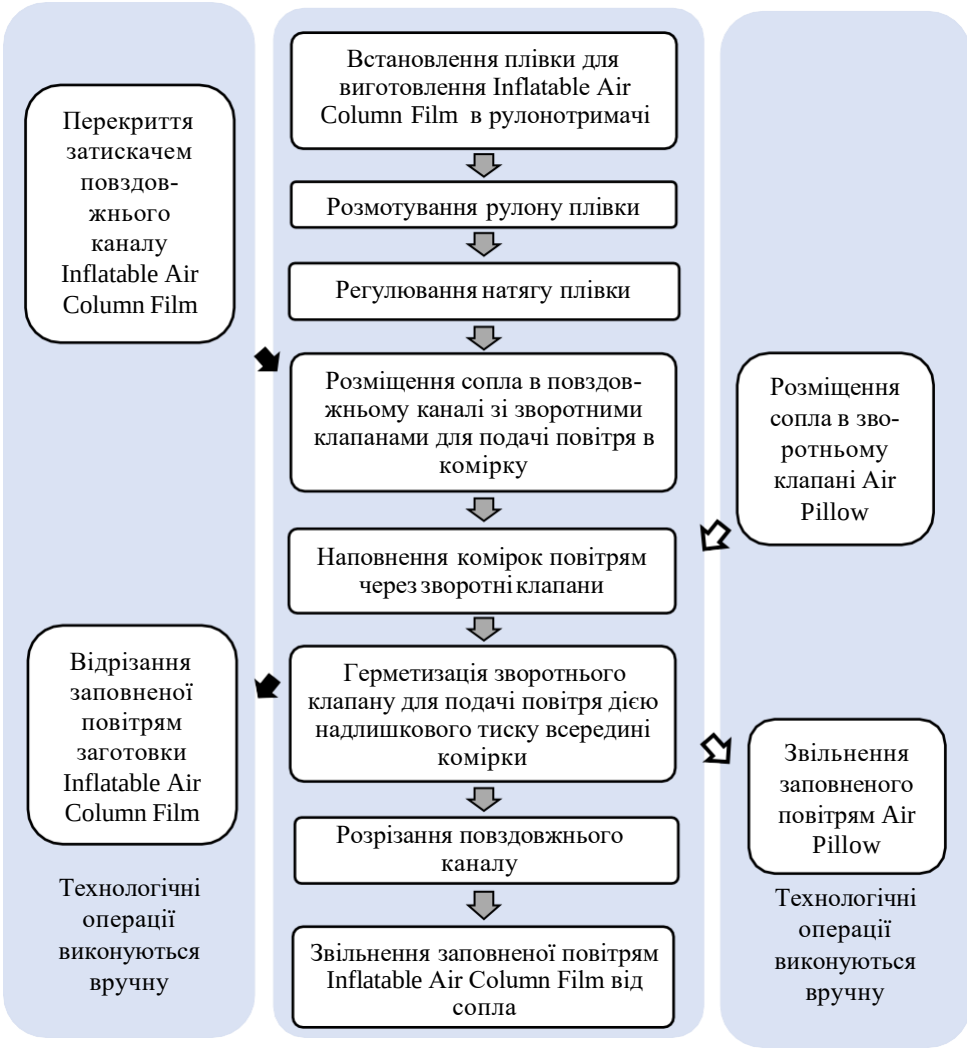
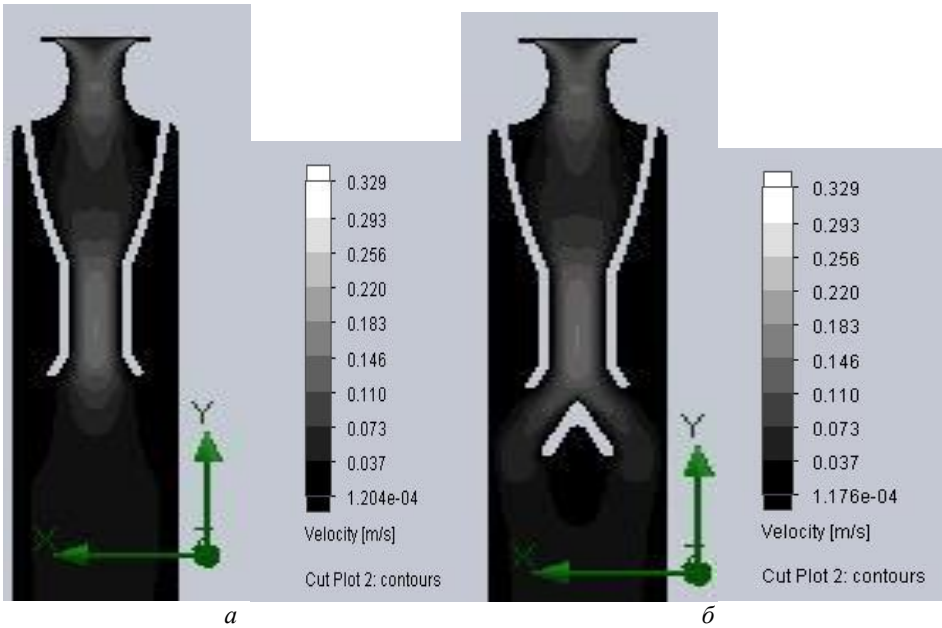
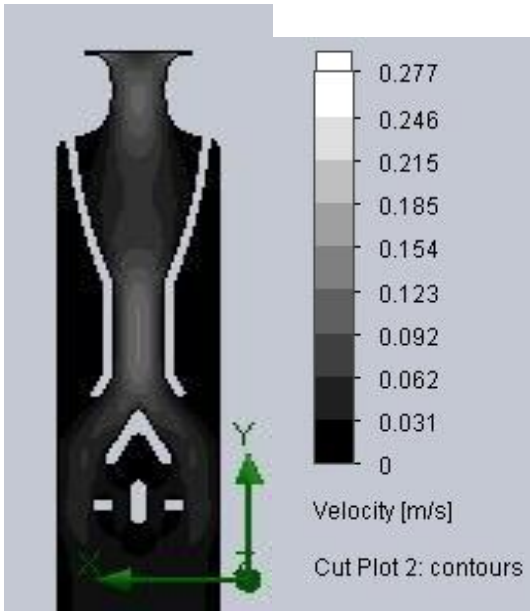


Рис. 11. Характерна технологічна схема процесу формоутворення різних видів повітряної захисної упаковки зі зворотними клапанами



а *б*



в

Рис. 12. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки з різними зворотними клапанами тривалістю 1 с: *а*, *б*, *в* — колірна діаграма та колірна шкала розподілу величин швидкості переміщення повітря в поперечному перерізі упаковки з відповідно одним, двома, чотирма вихідними потоками в зворотних клапанах

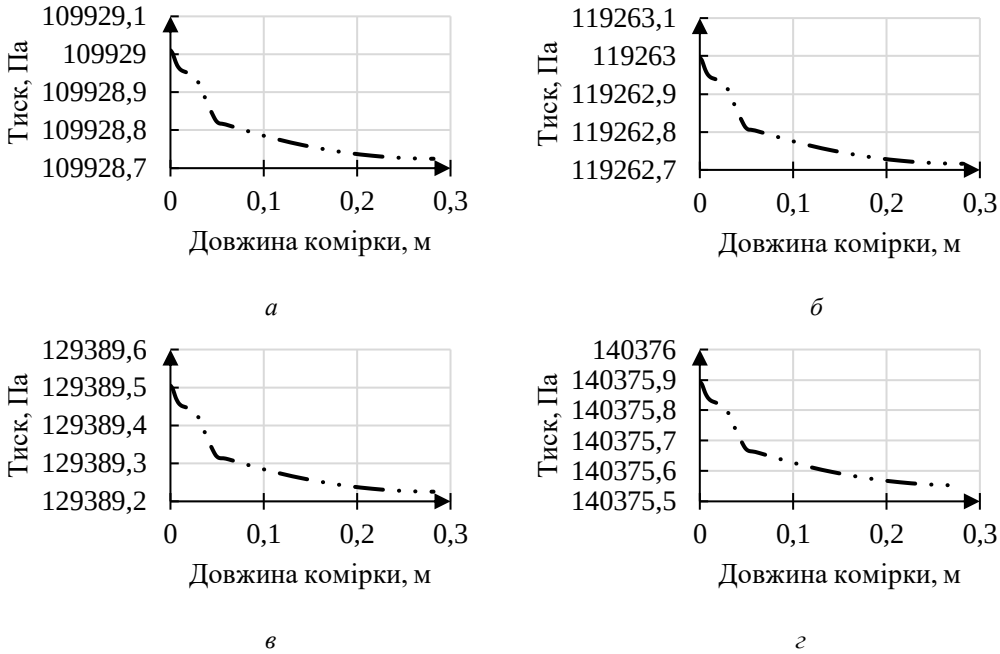


Рис. 13. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має один вихідний повітряний потік: *а, б, в, г* — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом відповідно, 0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

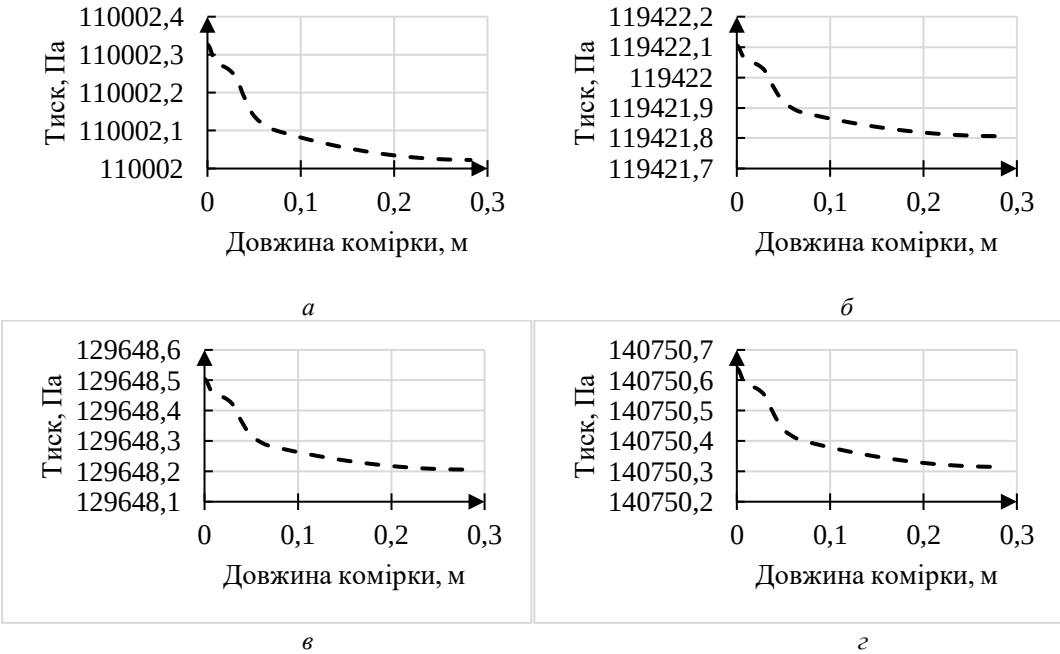


Рис. 14. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має два вихідних повітряних потоки: *а, б, в, г* — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом, відповідно,0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

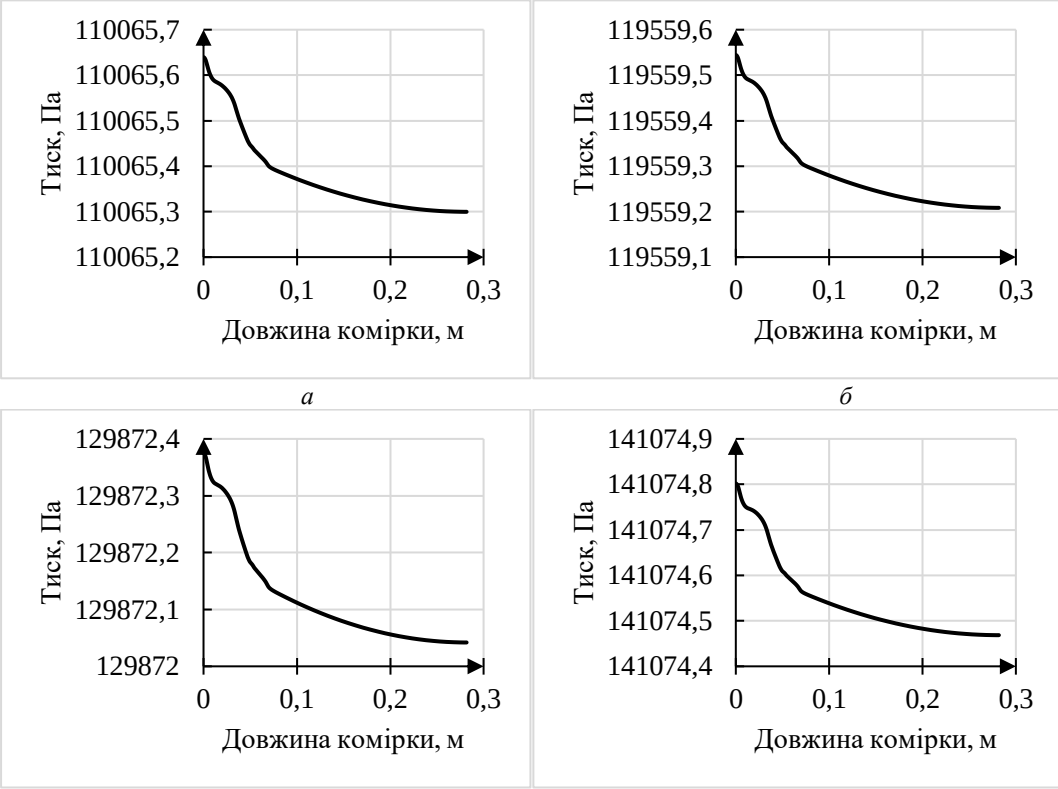


Рис. 15. Результати імітаційного моделювання процесу формоутворення комірки захисної надувної упаковки зі зворотним клапаном, який має чотири вихідних повітряних потоки: *а, б, в, г* — графіки зміни тиску повітря вздовж комірки в кінці її формоутворення протягом, відповідно, 0,5 с, 1 с, 1,5 с, 2 с

Висновок. Результати моделювання показали наявність чіткого розподілу по зонах тиску під час переміщення повітря в різних видах зворотних клапанів. За допомогою імітаційного моделювання підтверджено можливість керувати умовами переміщення повітря за допомогою геометрії зворотних клапанів; доцільність використання клапана з чотирма вихідними каналами як такого, в якому швидкість переміщення повітря — мінімальна, а створений тиск повітря — максимальний. Використовуючи таку конструкцію клапану під час технологічного процесу пакування можна отримати комірку з більшим тиском. Це дасть змогу забезпечити більший захист продукту від динамічних навантажень.

Запропонована методика дослідження процесу формоутворення повітряної захисної упаковки за допомогою зворотних клапанів дає змогу визначити максимальне навантаження та підібрати вид пакувального матеріалу, знайти оптимальні режими роботи пристроїв для виготовлення упаковки, раціональні конструкцію та геометричні параметри зворотних клапанів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bubble film& Bags. Access mode: https://www.packagingknowledge.com/bubble_film_bags.asp.
2. ПОВІТРЯНО-ПУХИРЧАТА ПЛІВКА. — Режим доступу: https://www.upakovka.com.ua/ukr/item/vpp/s70.

3. Karnopp,D. C., Margolis,D. L., Rosenberg,R. C. System Dynamics, Modeling and Simulation of Dynamic Systems, third ed. Wiley Interscience, 2000.

4. Air Cushion Machine Blower. Accessmode: https://www.wonsmartblower.c om/industrial-air-blower/air-cushion-machine-blower/.

5. How To Use Air Cushion Machines? Accessmode: https://www.dsbnet.com/news/how-to-use-air-cushion-machines-44343412.html.

6. LA-E4C Air Cushioning Machine. Access mode: https://www.lockedair.com/products/la-e4c-air-cushion-machine.html.

7. 【COSMO】Air Column Bag Making Machine: SSCR-50-L1+BUB. Access mode: https://www. cosmo886.com.tw/en/products_i_Fully_Automatic_High_Speed_Single_Line_Air_Column_Bag_Making_Machine_SSCR-50-L1-BUB.html.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує вас до публікації наукових праць.

Засновник і видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал затверджений наказом МОН України (постанова № 32 від 15.01.2018) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, машин, автоматизації виробництв та економіки галузей харчової промисловості.

Обсяг статей — до 15 машинописних аркушів (до 15000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі знань, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруківок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (4—5 слів/ключових словосполучень) набрані світлим курсивом; фраза «Ключові слова» — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рискою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали статті мають бути наведені у вигляді таких основних змістових розділів: постановка проблеми, аналіз результатів останніх досліджень та публікацій, актуальність дослідження, мета і завдання досліджень, матеріали і методи, результати досліджень, висновки, список використаних літературних джерел. Кожен із наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Вступ», «Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій», «Актуальність досліджень», «Мета і завдання досліджень», «Матеріали і методи», «Результати досліджень та їх обговорення», «Висновки»** — напівжирним шрифтом; «***ЛІТЕРАТУРА»*** — великими літерами курсивом напівжирним шрифтом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування наводиться список літературних джерел кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». 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 роботи останніх років. Прізвища зарубіжних авторів у тексті статті наводяться в українській транскрипції. Після списку літератури наводяться:

- анотація та ключові слова українською мовою (500—700 знаків) — курсивом; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами,

- анотація (Summary), ключові слова (Key words) англійською мовою та ініціали і прізвища авторівз транслітерацією латинськими літерами. Розмір анотації англійською мовою — не менше 1800—2000 знаків. Вона має містити коротку інформацію по кожному із основних змістових розділів статті. Фраза «Key words» — напівжирним шрифтом.

Після тексту анотацій та ключових слів наводиться фраза «Одержана редколегією (дата)» (набрана світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням рекомендованих вимог, редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті, відповідно до зауважень рецензента, авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентові, двома екземплярами виправленої статті та електронним носієм з виправленим текстом слід повернути до редакції.

Таблиці потрібно виконувати у Microsoft Office Word в форматі **DOCX**. Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Якщо таблиця одна, то дається тільки заголовок (без слова «Таблиця»). Слово «Таблиця» і номер — курсивним шрифтом, заголовок — напівжирним. Таблиці мають бути закритими — з боковими вертикальними, нижньою і верхньою горизонтальними лініями у полі таблиці.

Ілюстрації мають бути виконані ретельно в програмі CorelDraw, будь-якому іншому векторному графічному редакторі, на білому фоні й розміщені в тексті та в окремих файлах (формати CDR, EPS, EMF) або вставлені як активний об'єкт, наприклад, «Діаграма» з Microsoft Office Excel.

Растрові ілюстрації (фотографії) друкуються лише у разі крайньої потреби, вони мають бути чіткими, контрастними, чорнобілими з роздільною здатністю не менше 300 dpi (формати TIF, JPG).

Підписи до рисунків набираються на окремій сторінці або безпосередньо під рисунками прямим напівжирним шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускається.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

До статей додаються: витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією статті до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім’я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, електронна адреса), кафедральний висновок/експертний висновок (для статей від сторонніх організацій), заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і неподана до будь-яких інших видань.

Головний редактор журналу: доктор технічних наук, професор
Олександр ГАВВА
Відповідальний секретар журналу: кандидат технічних наук, доцент
Анастасія ДЕРЕНІВСЬКА
Контактні телефони: міський — (044) 287-92-45, внутрішній — 92-45
E-mail: foodpromnuft@gmail.com

Наукове видання

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Науковий журнал

№ 33-34

Журнал «Харчова промисловість» затверджений наказом МОН України (постанова № 32 від 15.01.2018) як наукове видання з технічних наук.
Реєстаційне свідоцтво: серія КВ № 6890 від 23.01.2003.
Засновник і видавець: Національний університет харчових технологій.

Журнал є продовженням міжвідомчого тематичного збірника «Харчова промисловість», заснованого в 1965 р. Виходить двічі на рік.

Статті друкуються в авторській редакції.

Відповідальний редактор журналу О. Гавва
Відповідальний секретар А. Деренівська

Комп'ютерна верстка: І. Максименко

Підп. до друку 18.01.2024 р. Формат 70×100/16.
Гарнітура Times New Roman. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 11,45. Обл.-вид. арк. 12,32.
Наклад 100 прим. Вид. № 07/16. Зам. № 02-24

НУХТ, 01601, Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004